



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA, PROVINCIA
DE PASTAZA**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUIMICO

AUTOR: CHAMBA COSTALES CRISTIAN GEOVANNY

TUTORA: ING. MABEL PARADA

Riobamba – Ecuador

Julio 2016

©2016, Cristian Geovanny Chamba Costales

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA, PROVINCIA DE PASTAZA, de responsabilidad del señor Cristian Geovanny Chamba Costales, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

ING. MABEL PARADA

DIRECTORA DEL TRABAJO

DE TITULACION

ING. MAYRA ZAMBRANO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Cristian Geovanny Chamba Costales soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

CRISTIAN GEOVANNY CHAMBA COSTALES

DEDICATORIA

El esfuerzo de este trabajo va dedicado a mis padres **Marcelo Chamba** y **Marisol Costales** por su apoyo permanente, para ellos toda mi gratitud por entregarme la mejor herencia, el estudio académico. A mi hermana **Jessica Chamba** un pilar fundamental en mi vida, al ser artífice de motivación personal y compañía en los momentos más difíciles.

CRIS

AGRADECIMIENTO

En la presente tesis quiero agradecer a Dios por llenar de bendiciones e iluminar mi vida día tras día para permitirme alcanzar esta meta.

Mi reconocimiento a la ESPOCH, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, a la Ing. Mabel Parada DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACION, de igual manera a la Ing. Mayra Zambrano MIEMBRO DEL TRIBUNAL y maestros quienes han compartido sus conocimientos y experiencias con dedicación y entrega permitiendo que este gran sueño se convierta en realidad.

Al GAD Municipal de Santa Clara por facilitarme información y apertura en sus instalaciones para poder llevar a cabo la investigación.

Agradezco de corazón a todas aquellas personas, familiares y amigos por la ayuda, comprensión y apoyo demostrado; mi gratitud imperecedera.

CRISTIAN

ABREVIATURAS

%R	Porcentaje de Remoción Esperado (%)
θ°	Angulo de Inclinación ($^\circ$)
\emptyset	Diámetro (m)
Π	Número irracional (3,1416)
δ	Grado de Inclinación de las barras
Θ_c	Tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación (día)
B	Factor dependiente de la forma de las barras
AR	Agua Residual
An	Ancho del Sedimentador (m)
Ap	Área del proyecto (Ha)
Ab	Área entre barras (m ²)
At	Área de la sección transversal (m)
Ased	Área superficial del tanque (m ²)
a y b	Constantes Empíricas
C	Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (kgSS/hab*día)
C_{pc}	Contribución Percapita ((gSS/hab)*Kg)
C_{vertedero}	Carga sobre el vertedero (m ³ /día*m)
D	Dotación del agua (L/hab*día)
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno

D_d	Dosis promedio del desinfectante (mg/L)
D_M	Dosis máxima (mg/L)
D_m	Dosis mínima (mg/L)
d	Diámetro de partículas (m)
d_{max}	Nivel máximo de agua (m)
e	Espesor máximo de las barras (m)
e_b	Separación entre barras (m)
F	Factor de mayorización (L/s)
F/M	Relación alimento /microorganismo (d ⁻¹)
f	Factor de fracción de Darcy – Weisbach
f_{conv}	Factor de conversión de DBO ₅ en DQO
g	Aceleración de la gravedad (9,8 m/s ²)
h	Altura de seguridad (m)
H	Altura del canal
Hal	Profundidad de aplicación (m)
i	Tasa de crecimiento (%)
K	Constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado
K_d	Coeficiente de degradación endógena (d ⁻¹)
L_g	Largo del sedimentador (m)
M_{SD}	Masa de sólidos que conforman los lodos (KgSS/hab*día)
MO	Materia Orgánica
n	Periodo de crecimiento (años)

P_a	Población actual (hab)
P_d	Peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/día)
P_g	Población según datos de CENSO 2008 (hab)
P_f	Población futura (hab)
P_I	Población Institucional (hab)
P_w	Potencia necesaria para soplar (K-W)
P_x	Producción neta diaria de fango activado medida en términos de SS volátiles (Kg/día)
P₁	Presión absoluta de entrada (atm)
P₂	Presión absoluta de salida (atm)
Q	Caudal del agua residual a tratar (m ³ /día)
Q_{CE}	Caudal de conexiones erradas (L/s)
Q_{INF}	Caudal de infiltración (L/s)
Q_M	Caudal medio de aguas residuales (L/s)
Q_{maxdiario}	Caudal máximo obtenido en el día (L/s)
R	Constante universal de gases (8.314 Kj/Kmol. °K)
R_h	Radio hidráulico (m)
S	Concentración de DBO en el efluente (Kg/m ³)
S_o	Concentración de DBO o DQO en el efluente (Kg/m ³)
s	Densidad relativa de las partículas
sen δ	Angulo de inclinación de las barras
T₁	Temperatura absoluta a la entrada (°K)
Tr_h	Tiempo de retención hidráulica (h)

V_c	Velocidad terminal (m/h)
V_h	Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s)
V_r	Volumen del reactor
V_{sed}	Volumen del tanque de sedimentador (m ³)
V_{te}	Volumen a extraerse del tanque
v	Velocidad de aproximación (m/s)
v²/2g	Carga de velocidad antes de la reja (m)
W	Separación entre barras
W_{AIRE}	Caudal de aire en peso (kg/s)
X el	Concentración de sólidos suspendidos volátiles en tanque de aireación (kg/m ³)
Y	Coefficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada)
YOBS	Producción observada (Kg/Kg)

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ABREVIATURAS	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	xi
INDICE DE TABLAS	xvi
INDICE DE FIGURAS	xviii
INDICE DE GRAFICAS	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	4
1. MARCO TEORICO	4
1.1 Agua Residual.....	4
1.2 Clasificación de Aguas Residuales	4
1.2.1. Aguas Residuales Urbanas	4
1.2.2. Aguas Residuales Industriales	5
1.3 Composición de las aguas residuales.....	5
1.3.1. Características Físicas	5
1.3.1.1. Sólidos Totales.....	5
1.3.1.2. Temperatura	5
1.3.1.3. Color.....	6
1.3.1.4. Olor.....	6
1.3.2. Características Químicas	6
1.3.2.1. Materia Orgánica	6
1.3.2.1.1 Proteínas	7
1.3.2.1.2.Carbohidratos	7
1.3.2.1.3 Grasas animales y aceites	8
1.3.2.2. Medida del contenido orgánico	8
1.3.2.2.1.Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.).....	9
1.3.2.2.2.Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.).....	9
1.3.2.2.3.Carbono orgánico total (C.O.T.)	9

1.3.2.2.4	<i>Demanda total de Oxígeno (D.T.O.)</i>	10
1.3.2.2.5	<i>Demanda teórica de Oxígeno (D.Te.O.)</i>	10
1.3.2.3.	<i>Materia Inorgánica</i>	10
1.3.2.3.1.	<i>PH</i>	10
1.3.2.3.2.	<i>Cloruros</i>	11
1.3.2.3.3.	<i>Alcalinidad</i>	11
1.3.2.3.4.	<i>Nitrógeno</i>	11
1.3.2.3.5.	<i>Fósforo</i>	12
1.3.2.3.6.	<i>Azufre</i>	12
1.3.2.3.7.	<i>Compuestos Tóxicos</i>	13
1.3.2.3.8.	<i>Metales Pesados</i>	13
1.3.2.4.	<i>Gases</i>	13
1.3.2.4.1.	<i>Oxígeno Disuelto (O.D.)</i>	13
1.3.2.4.2.	<i>Sulfuro de Hidrogeno</i>	14
1.3.2.4.3.	<i>Metano</i>	14
1.3.3.	<i>Características Biológicas</i>	14
1.3.3.1.	<i>Microorganismos</i>	14
1.3.3.1.1.	<i>Bacterias</i>	15
1.3.3.1.2.	<i>Hongos</i>	15
1.3.3.1.3.	<i>Algas</i>	16
1.3.3.1.4.	<i>Protozoarios</i>	16
1.3.3.1.5.	<i>Rotíferos</i>	16
1.3.3.1.6.	<i>Crustáceos</i>	17
1.3.3.1.7.	<i>Virus</i>	17
1.3.3.2.	<i>Organismos Coliformes y Patógenos</i>	17
1.3.4.	<i>Características de las Aguas Residuales típicas domesticas</i>	18
1.4	<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	19
1.4.1.	<i>Pre-tratamiento</i>	19
1.4.2.	<i>Tratamiento Primario</i>	20
1.4.2.1.	<i>Tratamiento con humedales</i>	20
1.5	<i>Parámetros de diseño para el Sistema de tratamiento de aguas residuales para la zona de descarga del cantón santa clara-provincia de Pastaza</i>	21
1.5.1.	<i>Población en el área urbana y rural</i>	21
1.5.2.	<i>Población futura</i>	22
1.5.3.	<i>Caudal de diseño</i>	24

1.5.4.	<i>Canal</i>	26
1.5.5.	<i>Rejillas</i>	28
1.5.6.	<i>Desarenador</i>	31
1.5.7.	<i>Tanque Imhoff</i>	35
1.5.8.	<i>Lecho de Secado</i>	40
1.5.9.	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.....	41
1.6	Marco Legal del Proyecto.....	44
CAPITULO II		45
2. MARCO METODOLOGICO.....		45
2.1	Localización del proyecto.....	45
2.2	Metodología.....	46
2.2.1	<i>Reconocimiento del lugar de investigación</i>	46
2.2.2	<i>Métodos de recolección de la información</i>	46
2.2.3	<i>Plan de Muestreo</i>	47
2.2.4	<i>Técnicas</i>	49
2.2.4.1	Parámetros físicos.....	49
2.2.4.2	Parámetros químicos.....	52
2.2.4.3	Parámetros microbiológicos	56
2.3	Datos Experimentales	57
2.3.1	Consideraciones para el diseño.....	57
2.3.2	Caracterización de las aguas residuales	59
2.3.3	Datos del monitoreo del caudal	60
2.4	Dimensionamiento del sistema de tratamiento de AR.....	73
2.4.1	Calculo para la proyección de habitantes	73
2.4.2	Calculo para el caudal de diseño	73
2.4.3	Calculo de canal.....	74
2.4.4	Calculo para rejillas	75
2.4.5	Calculo para el diseño del desarenador	77
2.4.6	Calculo para el diseño del tanque Imhoff	79
2.4.7.	Cálculo para el diseño del Digestor o Cámara de Digestión	81
2.4.8	Calculo del lecho de secado.....	81
2.4.9.	Calculo para el diseño del FAFA.....	82
2.4.10.	Cálculo para determinar la remoción de sólidos suspendidos, DBO ₅ , DQO y Coliformes Fecales.....	83

CAPITULO III.....	86
3. MARCO DE RESULTADOS.....	86
3.1 Resultados de la medición de caudales.....	86
3.2 Resultados de la población de diseño	87
3.3 Resultados del caudal de diseño	87
3.4 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento para A.R.	87
3.4.1 Resultados del cálculo para canal.....	87
3.4.2 Resultados del cálculo para rejillas.....	88
3.4.3 Resultado del cálculo para el diseño del desarenador.....	88
3.4.4 Resultado del cálculo para el diseño del tanque Imhoff	88
3.4.5 Resultado del cálculo para el diseño del Lecho de Secado.....	89
3.4.6 Resultado del cálculo para el diseño de Filtros Anaerobios	89
3.5 Resultados del análisis físico-químicos y microbiológicos.....	90
3.5.1 Disminución de D.B.O ₅	90
3.5.2 Disminución de D.Q.O	91
3.5.3 Disminución de la turbiedad	92
3.5.4 Disminución de sólidos suspendidos	92
3.5.5 Disminución de aceites y grasas	93
3.5.6 Disminución de detergentes.....	94
3.5.7 Disminución de coliformes fecales.....	94
3.6 Análisis y discusión de resultados	95
CAPITULO IV	97
4. PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN SANTA CLARA-PROVINCIA DE PASTAZA.....	97
4.1 Pre-tratamiento	99
4.1.1 Proyección	99
4.1.2 Cuerpo receptor	99
4.1.3 Rejillas.....	99
4.1.4 Desarenador	99
4.2 Tanque Imhoff	100
4.3 Lecho de Secado	100
4.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.....	100
4.5 Área de implementación de la planta de tratamiento	100

CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFIA	105
ANEXOS	110

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características de las aguas residuales típicas domésticas	18
Tabla 2-1: Procesos y operaciones utilizadas en tratamiento de A.R.	19
Tabla 3-1: Población total del Cantón Santa Clara	21
Tabla 4-1: Porcentajes de hombres y mujeres del Cantón Santa Clara	22
Tabla 5-1: Dotación en referencia al nivel de complejidad	25
Tabla 6-1: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación	32
Tabla 7-1: Geometría recomendada para un desarenador del flujo horizontal	34
Tabla 8-1: Valores recomendados para el dimensionamiento del tanque Imhoff	37
Tabla 9-1: Factor de Capacidad relativa	39
Tabla 10-1: Tiempo para digestión de lodos	39
Tabla 11-2: Técnica para determinar el pH	50
Tabla 12-2: Técnica para determinar la turbidez	50
Tabla 13-2: Técnica para determinar la conductividad	51
Tabla 14-2: Técnica para determinar sólidos totales disueltos	51
Tabla 15-2: Técnica para determinar sólidos sedimentables	52
Tabla 16-2: Técnica para determinar el cloro libre	52
Tabla 17-2: Técnica para determinar la demanda bioquímica de oxígeno	53
Tabla 18-2: Técnica para determinar la demanda química de oxígeno	54
Tabla 19-2: Técnica para determinar aceites y grasas	55
Tabla 20-2: Técnica para determinar tensoactivos	56
Tabla 21-2: Técnica para determinar coliformes fecales	56
Tabla 22-2: Datos de cobertura y población servida	58
Tabla 23-2: Caracterización física	59
Tabla 24-2: Análisis físico-químico y microbiológico (muestra compuesta)	59
Tabla 25-2: Análisis físico-químico y microbiológico de muestreo repetitivo	60
Tabla 26-2: Caudal del día lunes	60
Tabla 27-2: Caudal del día martes	63
Tabla 28-2: Caudal del día miércoles	65
Tabla 29-2: Caudal del día jueves	67
Tabla 30-2: Caudal del día viernes	69
Tabla 31-2: Caudal del día sábado	71

Tabla 32-2: Promedio de caudales semanales	72
Tabla 33-3: Resultado del cálculo para población de diseño	87
Tabla 34-3: Resultado de caudales de diseño	87
Tabla 35-3: Resultados del cálculo para canal	87
Tabla 36-3: Resultados del cálculo para rejillas	88
Tabla 37-3: Resultados del cálculo para el desarenador	88
Tabla 38-3: Resultado de los cálculos para el diseño del tanque Imhoff	88
Tabla 39-3: Resultado del cálculo para el diseño del Lecho de Secado	89
Tabla 40-3: Resultado del cálculo para el diseño de Filtros Anaerobios	89
Tabla 41-3: Resultados de los análisis físico-químico y microbiológicos	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Tratamiento de agua, humedales	20
Figura 2-1: Canal de llegada	26
Figura 3-1: Abaco de fórmula de Manning	28
Figura 4-1: Rejillas	29
Figura 5-1: Desarenador vista planta y corte longitudinal	31
Figura 6-1: Diagrama de tanque Imhoff	36
Figura 7-1: Filtro Anaerobio de flujo ascendente	42
Figura 8-2: Localización del Cantón Santa Clara	45
Figura 9-2: Zona de descarga de A.R. del Cantón Santa Clara	46
Figura 10-2: Muestras a analizar en laboratorio	48
Figura 11-2: Envasado de muestras	49
Figura 12-3: Propuesta del diseño de la planta de tratamiento	98
Figura 13-3: Área de instalación estructural de la planta de tratamiento	101

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1-1: Población futura- Cantón Santa Clara	23
Gráfica 2-3: Caudales semanales	86
Gráfica 3-3: D.B.O ₅ .; Antes y Después del Tratamiento	90
Gráfica 4-3: D.Q.O.; Antes y Después del Tratamiento	91
Gráfica 5-3: Turbiedad; Antes y Después del Tratamiento	92
Gráfica 6-3: Sólidos suspendidos; Antes y Después del Tratamiento	92
Gráfica 7-3: Aceites y Grasas; Antes y Después del Tratamiento	93
Gráfica 8-3: Detergentes; Antes y Después del Tratamiento	94
Gráfica 9-3: Coliformes Fecales; Antes y Después del Tratamiento	94

RESUMEN

Se diseñó un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el cantón Santa Clara perteneciente a la provincia de Pastaza. Para el diseño de la planta se realizó un muestreo compuesto a las aguas servidas generadas por la población en la zona de descarga del alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Clara, las mismas que son evacuadas en forma directa a las riberas del Río Llandá sin recibir ningún tratamiento alterando la calidad del mismo, se utilizó diferentes materiales de recolección, con el propósito de obtener el caudal de descarga en diferentes horarios, los caudales obtenidos variaban muy poco entre uno y otro valor, por lo que se tomó muestras en situ por el lapso de 6 días, alcanzando de esta manera un valor de 24,14 L/s, y encontrando que el día de mayor cantidad de descarga del efluente son los días lunes. Posteriormente estas muestras fueron analizadas física, química y microbiológicamente en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. La caracterización nos arrojó datos fuera de la normativa indicada en el Texto Unificado Legislación Secundaria, Ministerio Ambiente (TULSMA), Anexo 1-Tabla 12, los valores obtenidos son: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días 120 mg/L, Aceites y grasas 10 mg/L, coliformes fecales 2800 UFC/100ml y detergentes 0,21 mg/L. Con estos antecedentes de contaminación se diseñó una planta de tratamiento con una eficiencia del 80,00% en base a la Demanda Bioquímica de Oxígeno que proporcione información de concentraciones en el afluente y efluente, con la caracterización del afluente los parámetros cumplen la normativa ambiental de descarga a un cuerpo dulce, evitando que poblaciones aledañas adquieran enfermedades graves. Se recomienda calcular los caudales días antes de empezar la construcción de la Planta de Tratamiento para que no existan variaciones considerables y las aguas residuales se encuentren en el intervalo considerado.

Palabras claves: < DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)>, < DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) >, < TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES >, < TENSOACTIVOS >, < TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION AMBIENTAL SECUNDARIA (TULSMA) >, < INGENIERÍA QUÍMICA >, < TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA >.

ABSTRACT

This research was carried out to make a design a System of Wastewater Treatment in the canton Santa Clara, in province Pastaza, in order to design from plant sampled composite wastewater generated by the population in the discharge area sewer Autonomous Government Decentralized Municipal of Santa Clara, the same as they are evacuated directly from Rio Llandia, it was held without receive no treatment by altering the quality of the different materials collection was used in order to obtain the discharge rate at different time, flow rates obtained varied very little between the two values, therefore it took samples for 6 days, thus reaching a value of 24,14 L/s, and finding the largest amount days effluent discharge are Mondays. Subsequently, these samples were analyzed for physical, chemical and microbiological Laboratory Services ENVIROMENTAL at National University of Chimborazo. The characterization data showed us outside the rules indicated in the Unified Text (TULSMA), Annex 1, Table 12, the values obtained are: Biochemical Oxygen Demand in 5 days 120mg/L, oils and fats 10 mg/L, 2800 fecal coliform CFU/100ml and detergents 0, 21 mg/L. With this background pollution treatment plant was designed with an efficiency of 80,00% based on the Biochemical Oxygen Demand information that provided concentrations in the influent and effluent with influent characterization parameters comply with environmental regulations download to a sweet body, preventing serious acquire surrounding populations. It is recommended to calculate the flow days before starting the construction of the treatment plant so that there are considerable variations and wastewater are in the range considered.

Keywords: <BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)>, < CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) >, < WASTEWATER TREATMENT >, < SURFACTANTS >, < TEXT UNIFIED SCHOOL ENVIRONMENTAL LAW (TULSMA) >, < CHEMICAL ENGINEERING >, < TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCIES >.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso que antes era considerado infinito y/o renovable pero en la actualidad esas consideraciones han cambiado. El agua es un recurso limitado que existe en el planeta debido a que la mayor parte de ella es agua salada de muy escasa utilidad para el ser humano, es muy importante destacar que este recurso hídrico se va agotando a medida que la población aumenta.

En la actualidad el consumo sin moderación de este recurso por parte de las personas a nivel mundial irrumpe la atención de científicos, técnicos, políticos y organizaciones que observan un aumento de la contaminación que este consumo indiscriminado genera. Cuando la contaminación de este recurso procede del uso de nuestros domicilios, fabricas, actividades ganaderas, entre otras actividades diarias se denomina aguas contaminadas o aguas residuales. El tratamiento de aguas residuales es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas.

En vista de la necesidad de preservar la salud de las personas que residen en cantones, pueblos y parroquias aledañas al río en donde desemboca el agua residual se va a realizar el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Cantón Santa Clara en la Provincia de Pastaza. Proponiendo la aplicación de sistemas naturales de tratamiento, seleccionando dentro de estos: los acuáticos por medio de filtros anaerobios conformado por varios tamices con la finalidad de que sus parámetros cumplan con los límites establecidos por las normas ambientales TULSMA Libro VI, Anexo I, Tabla 12, que se refiere a los límites de descarga de aguas a un cuerpo dulce, ya que las tecnologías convencionales para los tratamientos generalmente exigen altos niveles de inversión y elevados costos de operación y mantenimiento.

JUSTIFICACION

En el cantón Santa Clara perteneciente a la provincia de Pastaza se genera una gran cantidad de contaminación y enfermedades infecciosas en las personas que se abastecen de este líquido vital del río Llandía, en el cual se vierten directamente las aguas residuales provenientes de dicho cantón, en vista de esta problemática y al no contar con una planta de tratamiento de aguas residuales se plantea una alternativa para solucionar el problema de las descargas de agua contaminada.

Con el estudio del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, se pretende la eliminación total de la carga contaminante de estas aguas, como también las condiciones adecuadas para su buen funcionamiento, y de esta manera mejorar el ambiente y la calidad de vida en las poblaciones aledañas a este afluente.

La propuesta del tratamiento se distingue por una fase de pretratamiento en la que se eliminan residuos de mayor tamaño, grasas flotantes, arenas y sólidos de mayor grosor, un tratamiento primario en el cual se deja reposar el agua en grandes estanques llamados decantadores, en la superficie se acumula los residuos flotantes y en el fondo los más pesados (fangos) que serán retirados de una manera automática, un tratamiento secundario en donde el agua sigue su camino y pasa a una zona poblada por millones de diferentes tipos de bacterias que se alimentan de los restos orgánicos que aun llevan las aguas residuales, durante este proceso las aguas serán removidas constantemente por unas potentes batidoras para que las bacterias dispongan de la mayor cantidad posible de oxígeno. Finalmente, las aguas son devueltas a su curso natural con una disminución de la DBO, metales pesados y una eliminación de patógenos.

Una de las principales responsabilidades de cualquier gobierno municipal es proveer el tratamiento de desperdicios a todos los habitantes de una región y por tal motivo en el Cantón Santa Clara se desea dar solución a las aguas residuales para ofrecer una mejor calidad de vida y de esta manera cumplir la normativa ambiental sobre los límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULSMA Libro VI, Anexo I, Tabla 12.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Cantón Santa Clara, Provincia de Pastaza.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales que son vertidas desde el alcantarillado al río Llandía.
- Realizar la caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales basadas en las normas TULSMA Libro VI, Anexo I, Tabla 12.
- Identificar las variables de proceso para el diseño de la planta de tratamiento.
- Establecer alternativas de tratabilidad más adecuadas para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar un dimensionamiento y los planos correspondientes de una planta de tratamiento para las Aguas Residuales del Cantón Santa Clara.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1 Agua Residual

Se define como Agua Residual (A.R.) al líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (ARBOLEDA, 2000).

Las A.R. pierden características originales por actividades humanas y para poder ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural o descargadas a un sistema de alcantarillado necesitan de un tratamiento previo.

En la actualidad es imprescindible implementar una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir las diferentes enfermedades causadas por un sin número de materia orgánica e inorgánica que forman parte de las AR y de esta manera poder cumplir con las normas constituidas en el país.

1.2 Clasificación de Aguas Residuales

1.2.1. Aguas Residuales Urbanas

Son todas aquellas aguas que proceden de la contaminación de un núcleo urbano como:

- Servicios domésticos y públicos
- Limpieza de locales
- Drenado de aguas pluviales

Las principales A.R. son aquellas que provienen de un origen residencial y comercial en las cuales se encuentran desechos fisiológicos y entre otros provenientes de la actividad humana y que deben ser dispuestos adecuadamente.

La parte principal de las A.R. urbanas es la materia orgánica en suspensión y disuelta, nitrógeno, fosforo, cloruro de sodio y otras sales minerales, conservando también la materia sólida que es arrastrada por el agua del drenado pluvial y/o doméstico.

1.2.2. Aguas Residuales Industriales

Son todas aquellas aguas que resultan de la transformación o manipulación, procesos de producción procedentes de cualquier taller, negocio e industria, incluyendo los líquidos residuales, aguas de refrigeración y aguas de proceso. (McGraw-Hill, 2016)

1.3 Composición de las aguas residuales

La composición del agua residual se refiere a los constituyentes físicos, químicos y biológicos y según la cantidad de estos componentes se puede clasificar como fuerte, media o débil.

1.3.1. Características Físicas

El contenido total de sólidos es la característica física más importante, está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución.

1.3.1.1. Sólidos Totales

Los sólidos totales es toda la materia que queda como residuo de una evaporación realizada en el intervalo de 103 – 105 grados centígrados y es la cantidad total de sólidos de las A.R., conceptuando desde un punto de vista analítico.

Los sólidos totales proceden del agua de abastecimiento, de uso industrial, uso doméstico y agua de infiltración de pozos locales al igual que de aguas subterráneas.

1.3.1.2. Temperatura

Es un parámetro muy importante por el efecto que provoca en la vida acuática, debido a que las reacciones químicas, la velocidad de reacción y principalmente la solubilidad del oxígeno son proporcionales a este parámetro.

La solubilidad del oxígeno es muy dependiente de la temperatura acuática, por la razón de que al aumentar temperatura va a existir una menor solubilidad de oxígeno que en temperaturas bajas, es decir, que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría, habiendo de esta manera un aumento de la velocidad de reacción química junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales provocando graves agotamientos de las concentraciones de oxígeno disuelto en las zonas de temperaturas altas como la Costa y el Oriente.

Los cambios repentinos de temperatura pueden causar la muerte de muchas especies acuáticas y pueden dar lugar a un crecimiento de plantas acuáticas y hongos.

1.3.1.3. Color

La coloración de una A.R. reciente suele ser gris, pero esta cambia a medida que los compuestos orgánicos se descomponen por acción de las bacterias, provocando así que el oxígeno disuelto se reduzca a cero y el color cambie a negro, a lo que se lo conoce como agua residual séptica. En casos donde el agua residual de origen industrial se une con las domésticas provocan otro tipo de coloración por la presencia de diferentes compuestos químicos.

1.3.1.4. Olor

Los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica es la principal causa de los olores desagradables que emite un agua residual. El olor de A.R. es menos desagradable que el de A.R. séptica, debido a que esta última tiene un olor característico a sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismo anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos. (RODRIGUEZ M., 2015)

1.3.2. Características Químicas

1.3.2.1. Materia Orgánica

La mayor cantidad de agua residual contiene sólidos suspendidos y filtrables teniendo estos en su mayoría contaminantes de naturaleza orgánica.

Los contaminantes de naturaleza orgánica son compuestos orgánicos que están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrogeno y oxígeno, junto con nitrógeno, azufre, fosforo y hierro en algunos casos. La unión de todos estos elementos nos permiten determinar que en las A.R. podemos encontrar sustancias orgánicas como proteínas, carbohidratos, grasas y aceites.

La urea al ser el principal constituyente de la orina también es encontrado pero con muy poca cantidad porque al mezclarse con el agua esta se descompone de una manera rápida y es difícil encontrar en un agua residual que no sea muy reciente.

Existen casos muy difíciles de poder tratar al momento de referirnos a materia orgánica y esto ocurre cuando en un A.R. encontramos moléculas orgánicas muy complejas como: agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas generados en la agricultura, porque al ser moléculas muy complejas no pueden descomponerse biológicamente o lo hacen muy lentamente.

1.3.2.1.1. Proteínas

Están constituidas por unidades pequeñas llamadas aminoácidos y forman parte de las plantas y animales siendo esenciales para toda la vida.

Contiene un alto porcentaje de nitrógeno y en el agua residual la encontramos en urea y elementos no degradados debido a su alto peso molecular, cuando se halla en altos porcentajes posee un olor desagradable debido a su descomposición, pero en algunos casos son solubles en agua y sometidas a muchas formas de desintegración dependiendo de su estructura química.

1.3.2.1.2. Carbohidratos

El carbono, hidrogeno y oxígeno son los principales elementos químicos que constituyen los carbohidratos, destacando a los azucares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y algunas gomas en su clasificación.

El azúcar y los almidones son productos muy consumidos en la vida diaria de una persona. Los azucares son solubles en agua y tienen propensión a la descomposición,

aparte de que en presencia enzimática de ciertas bacterias y levaduras producen una fermentación. El almidón es más estable pero por actividad microbiana y ácidos minerales diluidos se transforman en azúcares.

El carbohidrato que se encuentra en aguas residuales es la celulosa que por su volumen y resistencia es difícil que se descomponga en un medio líquido, sin embargo al desplegarlo en el suelo esta destrucción es inmediata como resultado de la acción de los hongos, especialmente en condiciones ácidas.

1.3.2.1.3. Grasas animales y aceites

Las grasas animales y aceites son compuestos orgánicos muy estables debido a su composición química. Las grasas animales y aceites pertenecen a los ésteres de alcohol o glicerol y ácidos grasos. Estos ésteres de ácidos grasos cuando son sólidos se llaman grasas, mientras que los líquidos a temperaturas ordinarias se los denomina aceites.

La composición de las grasas difieren mucho con los carbohidratos y proteínas, debido a que no son polímeros de moléculas que se repiten, no forman cadenas largas de carbono como la celulosa, almidones y las proteínas, y esto a su vez no brinda una resistencia estructural a tejidos vegetales y animales proporcionando solamente una fuente de energía que sirve como un combustible para los animales que la ingieren o en las plantas en donde se encuentra.

Los aceites lubricantes y queroseno son derivados del petróleo y alquitrán y están constituidos por carbono e hidrógeno. La mayoría de estos productos flotan en el agua residual y son muy difíciles de tratar debido a que no pueden ser sometidos a una acción biológica, por lo que deben eliminarse en el sistema de tratamiento.

1.3.2.2. Medida del contenido orgánico

El contenido orgánico de las aguas residuales se desarrolla mediante una serie de ensayos que junto con métodos de laboratorio nos brinda datos verídicos. Los métodos utilizados son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)

- Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)
- Carbono Orgánico Total (C.O.T.)
- Demanda Total de Oxígeno (D.T.O.)
- Demanda Teórica de Oxígeno (D.Te.O.)

1.3.2.2.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es el parámetro de polución orgánica que sirve para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en el agua residual, se practica esta determinación debido a que nos brinda la medida de oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de dicha materia expuesto a los 5 días.

1.3.2.2.2. Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)

La Demanda Química de Oxígeno mide el contenido de materia orgánica en aguas residuales y naturales. Se utiliza un agente químico oxidante muy fuerte en condiciones acidas para medir el equivalente de oxígeno que se encuentra en la materia orgánica. En casos en donde existan compuestos inorgánicos se debe eliminar antes del ensayo ya que pueden interferir en el análisis. El agua por lo general tiene mayor cantidad de D.Q.O. que D.B.O, debido a que existe un gran número de compuestos que pueden oxidarse por vía química en comparación con la vía biológica. El tiempo estimado para determinar este parámetro es de 3 horas aproximadamente.

1.3.2.2.3. Carbono orgánico total (C.O.T.)

El ensayo de carbono orgánico total se aplica a pequeñas concentraciones de materia orgánica y se realiza introduciendo una cantidad conocida de muestra en un horno de alta temperatura. El C.O.T. en presencia de un catalizador se oxida a anhídrido carbónico y este es medido por otro catalizador de infrarrojos. Se debe mencionar que la aireación y la acidificación eliminan errores provocados por la presencia de carbono inorgánico.

1.3.2.2.4. Demanda total de Oxígeno (D.T.O.)

La D.T.O. se establece mediante la observación del contenido de oxígeno presente en el gas con nitrógeno. Las sustancias orgánicas y las inorgánicas en muy poca cantidad sufren transformaciones en productos estables en una cámara de combustión con platino como catalizadores.

1.3.2.2.5. Demanda teórica de Oxígeno (D.Te.O.)

La D.Te.O. Se deduce mediante cálculos estequiométricos conociendo la fórmula química de la materia orgánica. Esta M.O. proviene de una combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno procedentes de origen animal o vegetal en las aguas residuales. Los elementos antes mencionados proceden de los grupos carbohidratos, proteínas, lípidos y productos de su descomposición.

1.3.2.3. Materia Inorgánica

En el control de la calidad de aguas naturales y residuales son muy importantes varios componentes inorgánicos que se encuentran inmiscuidos en estas. Las concentraciones de sustancias inorgánicas aumentan en el agua por la formación geológica con la que se encuentre en contacto y por las diferentes aguas residuales que se arrojan sin tratar.

Las aguas naturales desproporcionan a las rocas y minerales con las que tienen contacto, mientras que las aguas residuales no poseen ningún tratamiento a excepción de algunas aguas industriales que raramente se tratan para eliminar constituyentes inorgánicos, los mismos que al evaporarse quedan en el agua debido a que el agua superficial sin elementos inorgánicos cumple el proceso natural.

1.3.2.3.1. PH

El potencial de hidrógeno es un parámetro muy importante en la calidad de aguas naturales y residuales. La concentración de ion hidrógeno debe tener un intervalo ideal para que exista vida acuática y no afecte a la concentración de las aguas naturales. Al existir una concentración contraproducente de ion hidrógeno es difícil de tratar por

medios biológicos provocando de esta manera una alteración en los efluentes a donde es evacuado este fluido.

1.3.2.3.2. Cloruros

Existen algunas causas que se debe mencionar al referirse de cloruros presentes en aguas residuales, pero entre las principales tenemos las siguientes:

- Procedentes de disoluciones de suelos y rocas en contacto con el agua.
- Intrusión de agua salada en las regiones costeras.
- Descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en aguas superficiales.
- Ablandadores de agua que aportan grandes cantidades de cloruros en donde la dureza del agua es muy elevada.

1.3.2.3.3. Alcalinidad

El A.R. es alcalino por naturaleza debido a la alcalinidad del agua de suministro, agua subterránea y de las diferentes materias vertidas por el uso doméstico. Este parámetro químico se debe a la presencia de carbonatos, hidróxidos y bicarbonatos de elementos como el magnesio, sodio, potasio, calcio y amoníaco, pero entre los principales tenemos a los bicarbonatos de magnesio y calcio.

1.3.2.3.4. Nitrógeno

El nitrógeno es conocido como nutriente o bioestimulante porque es un elemento esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Es absolutamente básico para sintetizar proteínas, por lo que esta caracteriza es muy importante para valorar la tratabilidad biológica de aguas residuales domésticas e industriales.

Este elemento se encuentra en las aguas residuales en forma de urea y materia proteica y con la descomposición cambia fácilmente a amoníaco, por lo que resulta fácil indicar la edad del agua residual por medio de la cantidad relativa de amoníaco presente. En

presencia de aire el amoníaco puede oxidarse a nitrito y nitratos a por función bacteriana.

Un indicador de estabilización de agua residual es el predominio de nitrógeno del nitrato con respecto a la demanda de oxígeno, sin embargo se debe destacar que este mismo elemento puede ser utilizado como fuente de alimentación para algas y otras plantas acuáticas para sintetizar proteínas vegetales que posteriormente entraran en la cadena alimenticia de los animales provocando así pérdida en el tratamiento, siendo necesario eliminar o reducir el nitrógeno.

1.3.2.3.5. Fósforo

En soluciones acuosas el fósforo es muy útil para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Se encuentra en estructuras químicas como ortofosfatos, polifosfatos y fosfato orgánico. Los ortofosfatos son disponibles para el metabolismo biológico sin obligar a una ruptura en lo posterior. Los polifosfatos son de gran importancia ya que son constituyentes de las A.R. industriales y los lodos creados por A.R. domésticas, al sufrir hidrólisis en soluciones acuosas vuelven a ser ortofosfatos y pierden las moléculas de dos o más átomos de fósforo, átomos de oxígeno y en algunos casos átomos de hidrógeno combinados en una molécula compleja.

1.3.2.3.6. Azufre

El agua residual al igual que muchos suministros de agua presenta iones sulfato en forma natural. En la síntesis de proteínas es muy utilizado el azufre al igual que es liberado cuando esta se degrada. Las bacterias en condiciones anaerobias reducen químicamente los sulfatos a sulfuros de hidrógeno y sulfuros. En la oxidación biológica se encuentra ácido sulfúrico derivado del sulfuro de hidrógeno, al encontrar este ácido en las tuberías de alcantarillado se tiene muchas pérdidas por efectos corrosivos.

En el tratamiento de aguas residuales se debe tomar en cuenta que la concentración de sulfuro no sobrepase los 200 mg. por litro, por la razón de que puede alterar el proceso biológico.

1.3.2.3.7. Compuestos Tóxicos

Al proyectar una planta de tratamiento se debe considerar ciertos cationes que son muy tóxicos en distintos grados para los microorganismos. Es de gran importancia en el tratamiento y en el vertido de las aguas residuales que el cobre, plomo, plata, arsénico y boro no se encuentren en la composición de las aguas.

1.3.2.3.8. Metales Pesados

Los residuos de metales como el manganeso, níquel, cromo, cadmio, plomo cobre, mercurio, zinc y hierro son importantes constituyentes de muchas aguas. Existe limitación en el crecimiento de organismos biológicos al encontrar déficit en algunos de estos metales debido a que son muy importantes para el desarrollo de la vida. Se debe medir y controlar la concentración de estos metales porque debido a su alta toxicidad si se encuentra un exceso en alguno de estos interferirá con muchos usos provechosos del agua.

1.3.2.4. Gases

Los gases encontrados en el agua residual con mayor frecuencia sin tener ningún tratamiento se distinguen de dos maneras. El nitrógeno, oxígeno, y anhídrido carbónico son gases comunes de la atmosfera y se localizan en las aguas expuestas al aire. El sulfuro de hidrogeno, amoniaco y metano proceden de la descomposición de materia orgánica presente en el agua residual.

1.3.2.4.1. Oxígeno Disuelto (O.D.)

El O.D. es utilizado por los microorganismos aerobios para su respiración y es una forma de vida aerobia; sin embargo, el oxígeno es levemente soluble en el agua. Los gases disueltos en el agua dependen de:

- La solubilidad del gas
- La temperatura
- La presión parcial del gas en la atmosfera
- La pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.).

La sustracción de olores desagradables en el agua residual es una de las principales funciones de la presencia de O.D.

1.3.2.4.2. Sulfuro de Hidrogeno

Es un gas inflamable, incoloro que tiene olor característico a podrido y por lo general no es necesaria la presencia de oxígeno para su formación. La descomposición de materia orgánica que contiene azufre forma el sulfuro de hidrogeno o también por la reacción química de reducción a sulfatos minerales de sulfitos. Un color negro en las aguas residuales y lodos es la principal característica de la presencia de este gas. Existen otros compuestos volátiles que generan un olor desagradable similar al sulfuro de hidrogeno tales como mercaptanos, indol, escatol que durante la descomposición anaerobia pueden incluso producir olores más desagradables.

1.3.2.4.3. Metano

El metano es un subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual, no es encontrado en grandes cantidades en las A.R. porque las pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser toxicas para los organismos responsables de la producción de este gas; sin embargo, a veces se produce en el fondo producto de una descomposición anaerobia en depósitos acumulados. (RODRIGUEZ M., 2015)

1.3.3. Características Biológicas

El conocimiento de los grupos principales de microorganismos encontrados en las aguas superficiales y residuales así como aquellos que interceden en el tratamiento biológico y los organismos indicadores de polución son aspectos biológicos que debemos tener mucho en cuenta en el diseño de una planta de tratamiento.

1.3.3.1. Microorganismos

Los principales grupos de microorganismos encontrados en aguas superficiales y residuales se clasifican en protistas, plantas y animales. Los protistas tienen en su

categoría a las bacterias, hongos, algas y protozoarios. Los virus se clasifican de acuerdo al sujeto infectado al tener contacto con las aguas residuales.

1.3.3.1.1. Bacterias

Las bacterias tienen una forma general esférica, cilíndrica o helicoidal y pertenecen a los protistas unicelulares. Se nutren de alimentos solubles, por lo que habitan en lugares con humedad. La escisión binaria es su forma normal de reproducción, exceptuando algunas especies que poseen una reproducción sexual.

Los parámetros que tienen un papel importante en la vida de las bacterias son el pH y la temperatura junto con el recurso de nutrientes. El nivel de pH que puede soportar una bacteria se encuentra entre 6,5 y 7,5; la mayor parte de microorganismos no resisten un pH menor a 4,0 y encima de 9,5.

Para poder clasificar a las bacterias debemos basarnos en su metabolismo, es decir, si pertenecen al grupo heterótrofo o autótrofo. Las bacterias autótrofas más usuales en las A.R. son quimio sintéticas y muy escasas son las que realizan fotosíntesis.

El grupo más importante en un tratamiento biológico de aguas residuales son las bacterias heterótrofas por la razón de que necesitan compuestos orgánicos para el carbono celular y pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas según la necesidad de oxígeno.

1.3.3.1.2. Hongos

Los hongos son protistas heterótrofos, multicelulares y no fotosintéticos. La mayoría viven en presencia de aire, con muy poca humedad y resisten ambientes con pH bajo en un intervalo de 2 a 9. Son muy importantes en el tratamiento de aguas residuales industriales y en la formación de composta utilizando residuos sólidos orgánicos debido a que pueden resistir pH bajos y poco nitrógeno.

1.3.3.1.3. Algas

Las algas pertenecen a la categoría de los protistas unicelulares o multicelulares, autótrofos y fotosintéticos. Es un elemento biológico que es de mucha utilidad porque producen oxígeno por medio del mecanismo de la fotosíntesis en un tanque de oxidación.

1.3.3.1.4. Protozoarios

Son organismos unicelulares, heterótrofos, aerobios, protistas móviles y microscópicos. Tienen una magnitud mayor que las bacterias y su cadena trófica es a partir de estas, por esta razón son muy importantes para el tratamiento de aguas residuales como purificadores de efluentes al alimentarse de bacterias y partículas orgánicas.

- La clasificación de los protozoos es la siguiente:
 - Sarcodina
 - Mastigophora
 - Sporozoa
 - Infusoria o Ciliata
 - Suctoria

El grupo Sporozoa forman esporas y parásitos obligados, entre ellos a cuatro especies de Plasmodium que causan la malaria.

1.3.3.1.5. Rotíferos

El nombre de esta categoría pertenece a que tienen dos juegos de pestañas giratorias en la cabeza utilizadas para la captura de alimentos y su movimiento. Son animales multicelulares aerobios y heterótrofos. Su utilidad en el tratamiento de aguas residuales es consumir bacterias floculadas y dispersas así como pequeñas partículas de materia orgánica. La presencia de este organismo en el efluente revela un proceso de purificación biológica aerobio eficiente.

1.3.3.1.6. Crustáceos

Son animales multicelulares, heterótrofos y aerobios con un cuerpo duro o coraza. En los estanques de oxidación con poca carga se evidencia la presencia de este organismo y en los sistemas de tratamiento biológico se aprecia una cantidad abundante indicando de esta manera que el efluente tiene baja materia orgánica y es rica en oxígeno disuelto.

1.3.3.1.7. Virus

Son parásitos que necesitan de un organismo para poder sobrevivir, tienen una estructura biológica muy pequeña pero con la suficiente información para su propia reproducción. Cuando entran en un organismo producen más virus, rompiendo las células del huésped y liberando nuevas partículas de virus que van a infectar nuevas células. Los virus son excretados por el hombre en las heces y por esta razón es pertinente realizar un tratamiento de aguas residuales para disminuir muchas enfermedades.

1.3.3.2. Organismos Coliformes y Patógenos

Los organismos coliformes son bacterias en forma de bastoncillos que se encuentran en los animales superiores de sangre caliente. Los coliformes no presentan ningún perjuicio para el hombre, al contrario destruyen la materia orgánica en procesos biológicos en el tratamiento de aguas residuales.

Los organismos patógenos provienen de personas que porten enfermedades y los más comunes excretados por el hombre causan enfermedades gastrointestinales, tales como la fiebre tifoidea, disentería, diarrea y en algunas partes del mundo, el cólera.

En aguas residuales y contaminadas los organismos patógenos son muy escasos y difíciles de aislar, por lo que el organismo coliforme sirve como indicador de que existan estos organismos y a su vez la ausencia indica que el agua esté exenta de organismos causantes de enfermedades. (RODRIGUEZ M., 2015)

1.3.4. Características de las Aguas Residuales típicas domesticas

Los efluentes líquidos domésticos tienen un origen en viviendas, negocios y oficinas. El 99,9% del residuo es agua y no contiene aguas residuales industriales. El porcentaje de sólidos son de tipo orgánico y los malos olores se producen por esta característica.

El grado de tratamiento necesario y las características para poder manejar los sólidos de la planta depende de los sólidos suspendidos sedimentables particularmente. Una muy buena simulación de la cantidad de sólidos suspendidos presentes en las A.R. es suponer que existe 70 gramos por persona y por día.

El pH indica si se debe insertar un químico para neutralizar una excesiva alcalinidad o acidez, a excepción de que exista el descargo de aguas residuales industriales o sustancias muy poco usuales en los drenajes municipales no se necesita de un ajuste en pH.

Al existir contenido de grasas y aceites se deberá insertar desnatadoras y dispositivos para manejo y disposición de grasas.

Tabla 1.1: Características de las aguas residuales típicas domésticas

PARAMETROS (mg/L.)	FUERTE	MEDIA	DEBIL
Sólidos en Total	1200	700	350
Disueltos en Total	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos en Total	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos Sedimentables (ml/lt)	20	10	5
D.B.O₅ (20 °C)	300	200	100
Carbono Orgánico Total (C.O.T)	300	200	100
D.Q.O	1000	500	250
Nitrógeno Total	85	40	20
Nitrógeno Orgánico	35	15	8
Amoníaco Libre	50	25	12
Fosforo Total	20	10	6
Fosforo Orgánico	5	3	2
Fosforo Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CO₃)	200	100	50
Grasa	150	100	50

^a Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen en las aguas de suministro.

^b En la tabla 3-18 se obtiene los valores típicos correspondientes a otros microorganismos.

Fuente: Metcalf&Eddy, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

1.4 Tratamiento de aguas residuales

Los métodos de tratamiento en donde prevalecen los fenómenos físicos son llamados operaciones unitarias, mientras que los métodos en donde existe una eliminación de contaminantes con base en procesos químicos o biológicos se denominan procesos unitarios.

Para un diseño apropiado se debe considerar varios criterios sobre tecnologías en tratamiento de Aguas Residuales, entre los cuales se menciona a los siguientes:

- Cantidad de Agua
- Característica de la Calidad de Agua
- Normativa vigente
- Tipo de Tecnología
- Costos de Operación y Mantenimiento

Los procesos y las operaciones utilizadas en un tratamiento de A.R. comprenden los niveles que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2-1: Procesos y operaciones utilizadas en tratamiento de A.R.

Pre-tratamientos	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario	Tratamiento Terciario o Avanzado
Tamizado Desarenado Desengrasado Decantación Eliminación de aceites e hidrocarburos Ajustes de pH Homogeneización Air-Stripping Intercambio Iónico Otros	Tratamientos físico-químicos Eliminación de Metales Oxidación – Reducción Electrocoagulación	Fangos Activados Lecho móvil Biofiltración RBC. Biodiscos Filtros Percoladores Lagunajes Tratamientos Anaerobios	Oxidación Avanzada Membranas Filtración Carbón Activo Evaporación

Elaborado por: Chamba, C., 2016

1.4.1. Pre-tratamiento

El pre-tratamiento o tratamiento preliminar aumenta la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. El agua residual proveniente de alcantarillados tiene un flujo muy variable y cantidades de objetos voluminosos y abrasivos que deben ser excluidos de las unidades donde se realizan los tratamientos. (RODRIGUEZ M., 2015)

1.4.2. Tratamiento Primario

Este tratamiento nos brinda la remoción de los contaminantes que pueden sedimentar, es el caso de los sólidos sedimentables y algunos suspendidos o aquellos que flotan como las grasas. En algunos casos al tratamiento primario se lo puede optar como el último tratamiento o antecediendo un tratamiento biológico o de coagulación si el tratamiento escogido es físico-químico.

El tratamiento primario por lo general se lo realiza en tanques rectangulares o cilíndricos que remueven un alto porcentaje de los sólidos sedimentables y un porcentaje más bajo de los sólidos en suspensión en las aguas residuales, tornándose en un proceso de tipo floculante y con lodos conformados por partículas orgánicas. En los tanques el agua residual se mantiene en condiciones de reposo para que los sólidos sedimentables sedimenten de una manera más rápida. (RODRIGUEZ M., 2015)

1.4.2.1. Tratamiento con humedales

Son áreas de tierra inundada que se los conoce también como pantanos, humedales o en el idioma inglés como wetlands, tienen poca profundidad para la vegetación provocando que no llegue la vegetación a la parte inferior y pueda sostenerse del suelo firme. Las plantas en estos suelos dan a la superficie una serie de bacterias, producen filtración y absorción de componentes en donde se transfiere oxígeno y se controla el crecimiento de algas producto de la evitación de la luz solar. (Tratamiento de agua, 2016)

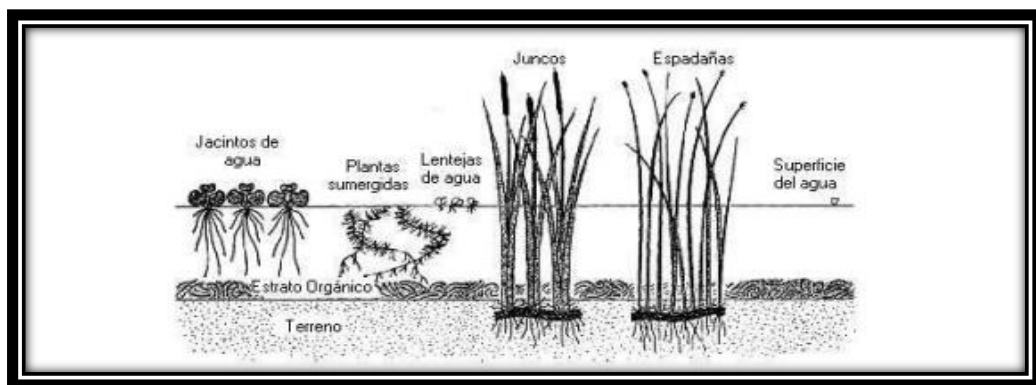


Figura 1-1: Tratamiento de agua, humedales

Fuente: <http://www.geocities.com/jalarab/>, 2016

1.5 Parámetros de diseño para el Sistema de tratamiento de aguas residuales para la zona de descarga del cantón santa clara-provincia de Pastaza

El tratamiento de A.R. para el cantón Santa Clara tiene procedimientos convencionales, para los cuales se posee una zona de descarga pequeña debido a que la población no es muy grande y la contaminación es generada la mayoría por residuos domésticos.

- Para el periodo de diseño se debe considerar los siguientes factores:
 - Vida útil de las estructuras
 - Facilidad de ampliación
 - Posibles cambios en la comunidad
 - Tasa de interés
 - Comportamiento de la obra en sus primeros años

1.5.1. Población en el área urbana y rural

La población actual del cantón Santa Clara permite tener una referencia en el diseño del sistema de tratamiento. Mediante una encuesta socio-económica y sanitaria y datos estadísticos proporcionados por el INEC, se puede establecer que la zona urbana cuenta con una población de 3906 habitantes, pero la parte consolidada de la ciudad tiene un aproximado de 1450 habitantes y su tipología de construcción es madera, mixta y en menor escala de hormigón.

Tabla 3-1: Población total del Cantón Santa Clara

CIUDAD	POBLACION	%
Cajabamba	145	3,84
La Mariscal	210	5,57
Rey del Oriente	132	3,50
San Francisco de Puní	156	4,14
Santa Clara	360	9,55
San José	302	8,02
San Juan de Piatua	336	8,92
San Rafael	369	9,79
San Vicente	188	4,99
San Vicente km 43	62	1,64
Santa Clara	1450	34,82
Simón Bolívar	196	5,20
SUB TOTAL		
POBLACION RURAL	2456	65,18
POBLACION URBANA	1450	34,82
TOTAL	3906	100

Fuente: Encuesta socioeconómica, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 4-1: Porcentajes de hombres y mujeres del Cantón Santa Clara

EDAD	HOMBRES (%)	MUJERES (%)	TOTAL (%)
0-4	1,16	2,33	3,49
5-9	6,98	6,98	13,95
10-14	4,65	3,49	8,14
15-19	5,81	5,81	11,63
20-24	3,49	5,81	9,30
25-29	6,98	5,81	12,79
30-34	4,65	4,65	9,30
35-39	6,98	5,81	12,79
40-44	3,49	1,16	4,65
45-49	2,33	1,16	3,49
50-54	2,33	1,16	3,49
60-64	1,16	3,49	4,65
65-69	1,16	0,00	1,16
80-84	1,16	0,00	1,16
TOTAL	52,33	47,67	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

- Población Actual

$$Pa = Pu + Pr \quad Ec. 1$$

Donde:

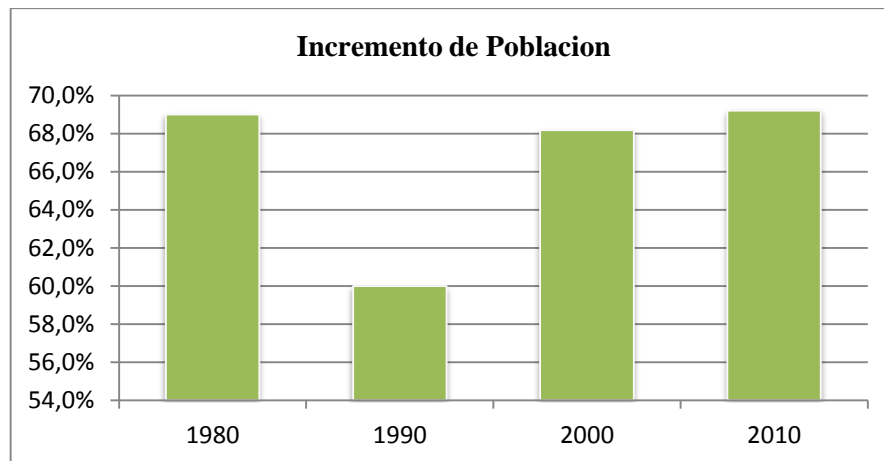
Pa = Población actual (hab)

Pu= Población Urbana (hab)

Pr = Población Rural (hab)

1.5.2. Población futura

Según los censos registrados en el cantón Santa Clara a partir de la década de los 80 existe un incremento en la población, esto ocurre a partir de la apertura de ejes viales y el mantenimiento de los mismos, por esta razón el cantón ha recibido y sigue recibiendo gente en especial de la región sierra, entre las cuales encontramos a las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Pichincha y de las regiones amazónicas como Pastaza y Morona Santiago en los siguientes porcentajes tomados de las tres últimas décadas.



Gráfica 1-1: Población futura- Cantón Santa Clara
Fuente: Encuesta socioeconómica, 2016

De acuerdo a las características de la comunidad en estudio, y debido a la falta de datos censales, para calcular la población futura se propone la adopción del Método Geométrico recomendado por las normas en el cual se estipula el uso de un índice de crecimiento que se aplica junto con el periodo de diseño adoptado.

Se tomara como referencia los índices de crecimientos recomendados para poblaciones:

CONADE	3.5%
EXIEOS	1.5%
INEC	3.0%

De acuerdo a la vigencia de las Instituciones mencionadas se considerara para el cálculo un índice de crecimiento del INEC = 3%.

$$Pf = Pa \times (1 + i)^n \text{ Ec. 2}$$

Donde:

Pf = Población Futura (hab)

Pa = Población actual (hab)

i = Tasa de Crecimiento (%)

n= Periodo de crecimiento (años)

1.5.3. Caudal de diseño

Propone la información correcta de la ejecución de un sistema de tratamiento ajustado a las normas establecidas para el cumplimiento del objetivo. La determinación de los caudales de las Aguas Residuales resulta de la medición en la zona de descarga y tiene una proyección de tiempo de 15 años.

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$Q_{DISEÑO} = Q_M + F + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Donde:

Q_M =Caudal medio de aguas residuales (L/s)

F= Factor de mayorización (L/s)

Q_{INF} = Caudal de Infiltración (L/s)

Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas (L/s)

- Caudal medio

Al no existir un caudal diario promedio en las A.R. debido al cambio continuo de volumen con respecto al tiempo, en el diseño de un sistema se debe tomar en cuenta los puntos críticos de operación que son causados por:

- Variación de Caudal
- Caudal punta o pico
- Concentración de contaminantes
- Carga contaminante

$$Q_{med} = \frac{Pf * D * C}{86400} \text{ Ec. 3}$$

Donde:

Pf = Población Futura (hab)

D= Dotación del agua (L/hab*día)

C = Coeficiente de retorno (L/s)

- Dotación

En el cantón Santa Clara de la provincia de Pastaza existe un nivel complejo de sistema, clima y tamaño de población, lo cual es muy importante para estimar el consumo medio diario por habitante que la zona debe descargar para poder satisfacer las necesidades del consumidor.

$$D = \frac{Q_{\text{max diario}}}{Pe} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$Q_{\text{máx. Diario}}$ = Caudal máximo obtenido en el día (L/día)

Pe = Población según encuesta socioeconómica (hab)

Tabla 5-1: Dotación en referencia al nivel de complejidad

Nivel de Complejidad del Sistema	Dotación Neta (L/hab-día) Climas Cálidos
Bajo	100
Medio	125
Medio Alto	135
Alto	150

Fuente: Reglamento técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, Título B, 2000, p.38
Elaborado por: Chamba, C., 2016

- Factor de Mayorización

El factor de mayorización tiene dos componentes que son inversamente proporcionales, la variación de consumo de agua con respecto al número de habitantes. La ecuación de Harmon nos aproxima a un valor mucho más exacto con respecto a la medida y el diseño que se va a implantar.

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{Pf}{1000}}} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

Pf = Población Futura (hab)

- Caudal de Infiltración

Los caudales de infiltración son todas aquellas aguas que entran en una red de alcantarillado mediante las diferentes conexiones de tuberías que transportan el fluido y para poderlas calcular se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_{inf} = \infty * (A_p) \text{ Ec. 6}$$

Donde:

A_p = Área del proyecto (Ha)

∞ = RAS 2000, Título D 0,15 – 0,4 (L/s)

- Caudal de conexiones erradas

Son todas las conexiones que son aportes de las aguas lluvias al sistema del alcantarillado, por lo general son aportadas por los domicilios que no poseen una buena conexión para este tipo de vertidos.

$$Q_{CE} = 10 \% (Q_M + F) \text{ Ec. 7}$$

1.5.4. Canal

Al existir un afluente continuo de agua residual se debe iniciar el tratamiento con el diseño de un canal.

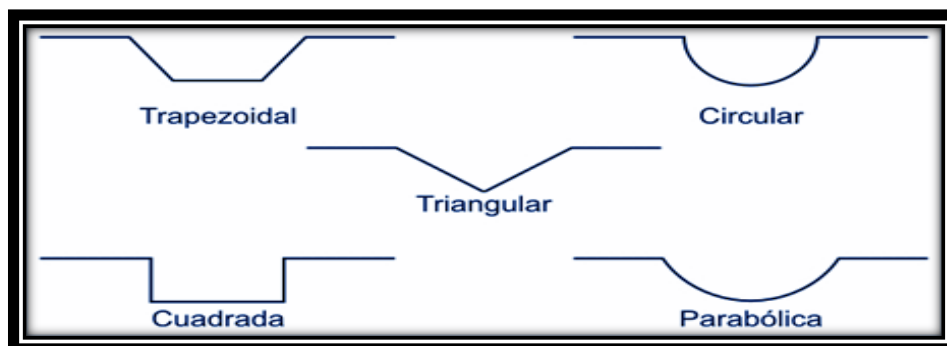


Figura 2-1: Canal de llegada

Fuente: http://www.google.com.ec/search?q=desbaste&es_sm=93&biw,2016

- Área del Canal

$$A = b \times h \quad Ec. 8$$

Donde:

A= área del canal (m²)

b = base del canal (m)

h = altura del canal-nivel del agua (m)

- Radio hidráulico

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad Ec. 9$$

Dónde:

b = base del canal (m)

h = altura del canal-nivel del agua (m)

- Ecuación de Manning, calculamos la velocidad a la que se transporta el AR hacia el proceso de tratamiento.

$$k = \frac{Q * n}{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}} \quad Ec. 10$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 10$$

Dónde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de Manning

En canales de hormigón o concreto simple se tiene: 0,013

R = radio hidráulico (m)

S = gradiente hidráulico (0.0005 m/m)

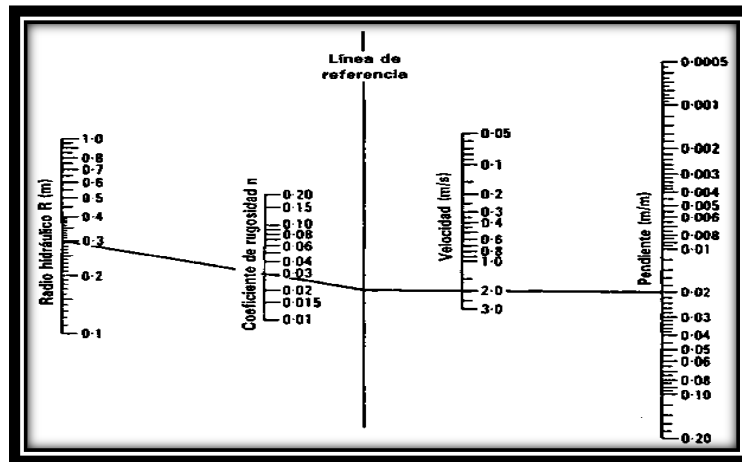


Figura 3-1: Abaco de fórmula de Manning

Fuente: Juan, M., Ingeniería de Ríos Pp.85, 2016

1.5.5. *Rejillas*

1.5.5.1. *Rejilla gruesa o automática*

La rejilla debe tener una abertura de 30 mm entre rejas, la cual se complementa con un dispositivo para eliminar automáticamente o manualmente los objetos adheridos al dispositivo. Las rejillas se instalan en uno o los dos canales existentes; en ocasiones se pueden instalar más de una rejilla en cada canal, con diferente claro.

- La rejilla gruesa, manual o automática, se instala para eliminar los objetos sólidos en aguas residuales sin tratamiento, por lo que debe contar con un mecanismo (del tipo peine o cepillo), para retirar el material atrapado, para no reducir la función filtradora del tamiz.
- La rejilla gruesa se coloca y se fija en un ángulo que puede variar de 45 a 90 grados con respecto a la corriente del canal, de preferencia a 60 grados.
- La distancia entre el tubo del influente y la rejilla gruesa será de entre 500 mm y 1,500 mm.
- La diferencia de altura entre el nivel de colocación del tubo del influente y de la rejilla gruesa automática será de 200 mm. Se debe evitar la acumulación de sólidos antes de la rejilla gruesa, por lo que se requiere de pendiente constante y la colocación de placas guía y de placas laterales para el anclaje de la rejilla.
- Para depositar y drenar los sólidos retenidos en la rejilla gruesa automática, se coloca una canasta o escurridor de tamaño adecuado. Para realizar un mantenimiento rutinario y constante, la canasta de tamizado debe estar puesta en

un lugar de fácil acceso y con estructura fácil de quitar y poner. (Tratamiento, 2016).

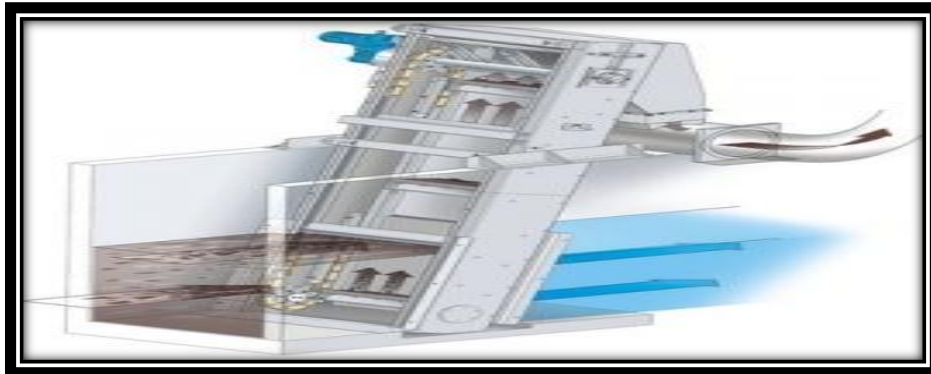


Figura 4-1: Rejillas

Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGAPDS-3-13.pdf>, 2016

1.5.5.2. *Rejillas de limpieza manual*

Las rejillas de limpieza manual que se va a utilizar en este sistema de tratamiento se deberán tomar en un área libre al paso de agua con un caudal de diseño y velocidad mínima.

$$Ab = \frac{Q}{v} \quad Ec. 11$$

Dónde:

Ab = área entre barras (m²)

v = velocidad de aproximación (m/s)

Q = caudal (m³ /s)

- Área de la sección transversal del flujo

$$At = \frac{Ab (W+e)}{W} \quad Ec. 12$$

Dónde:

Ab = área entre barras (m²)

W = separación entre barras (m)

e = espesor máximo de las barras (m)

- Altura del canal

$$H = h + h_s \quad Ec. 13$$

Dónde:

h = altura total (m)

h_s = altura de seguridad (m)

- Longitud de las barras (L_b)

$$L_b = \frac{H}{\sen \varnothing} \quad Ec. 14$$

Dónde:

H = altura del canal (m)

\varnothing = ángulo de inclinación (°)

- Número de barras (n)

$$n = \frac{b - W}{eb + W} \quad Ec. 15$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

eb = separación entre barras (m)

W = espesor de las barras (m)

- Longitud sumergida de la barra

$$d_{max} = \frac{Q}{v \times b} \quad Ec. 16$$

Para longitud se tiene:

$$L_g = \frac{d_{max}}{\sen \delta} \quad Ec. 17$$

Dónde:

d_{max} = nivel máximo de agua (m)

v = velocidad de aproximación (m/s)

b = ancho del canal (m)

δ = grado de inclinación de las barras

- Pérdida de carga (H_f)

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes, las pérdidas de carga a través de una rejilla se estiman por la siguiente expresión: (Metcalf& Eddy: 2015: p. 150)

$$h_c = \beta \times \left(\frac{e}{W}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{v^2}{2g} \times \text{sen } \theta \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

h_c = pérdida de carga (m)

W = separación entre barras (m)

e = espesor máximo de las barras (m)

$v^2/2g$ = carga de velocidad antes de la reja (m)

$\text{sen } \theta$ = ángulo de inclinación de las barras.

β = factor dependiente de la forma de las barras.

1.5.6. Desarenador

El objeto del desarenador es separar del agua cruda las partículas en suspensión gruesa y arena, evitando de esta manera la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales; disminuir la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos minimizando la pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico.

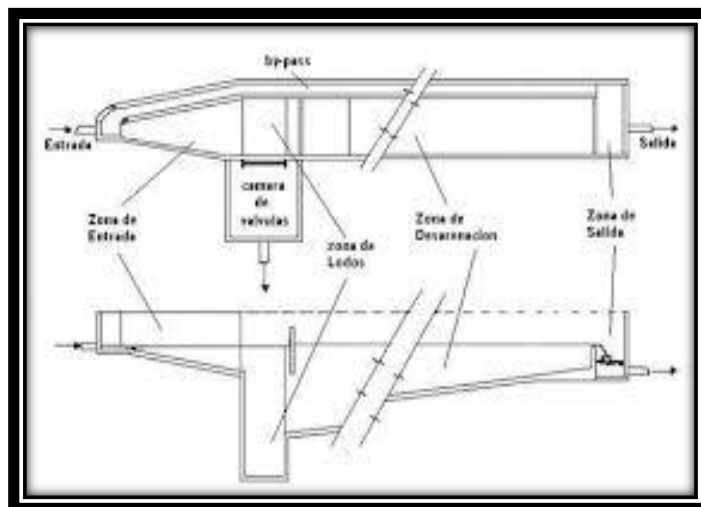


Figura 5-1: Desarenador vista planta y corte longitudinal

Fuente: OPS/CEPIS/05.158.UNATSABAR

a. Zona de entrada: Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

b. Zona de desarenación: Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

c. Zona de salida: Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

d. Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada: Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos. (SALUD, 2005)

1.5.6.1. Consideraciones del desarenador rectangular de flujo horizontal

En los desarenadores de flujo horizontal, el agua a tratar pasa a través de la cámara en dirección horizontal y la velocidad lineal del flujo se controla con las dimensiones del canal, ubicando compuertas especiales a la entrada para lograr una mejor distribución del flujo, o utilizando vertederos de salida con secciones especiales.

Tabla 6-1: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación

Material	Ø Límite de las partículas (cm)	Numero de Reynolds	vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	> 1.0	> 10000	100	Turbulento	Newton $v_s = 1.82 \sqrt{dg} \frac{\rho d - \rho}{\rho}$
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	Allen $v_s = 0,22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{\phi}{(\eta)^{1/3}} \right)$
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06	Laminar	Stokes $v_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) d^2$

	0.001	1.0	0.015		
--	-------	-----	-------	--	--

Fuente: OPS/CEPIS5.158.UNATSABAR

Elaborado por: Chamba, C., 2016

- Velocidad de sedimentación

La partícula y el régimen de flujo considerado es de 0.02cm y de transición respectivamente, por lo que se aplica la Ley de Allen:

$$v_s = 0,22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{\phi}{(\eta)^{1/3}} \right) \quad Ec. 19$$

Donde:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

ϕ : Diámetro de la partícula (cm)

ρ : Densidad del agua (g/m³)

ρ_s : Densidad de la partícula (g/m³)

η : Viscosidad cinemática del agua (cm²/s)

- Numero de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{v_s * d}{\eta} \quad Ec. 20$$

Donde:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

ϕ : Diámetro de la partícula (cm)

η : Viscosidad cinemática del agua (cm²/s)

- Coeficiente de Arrastre

Se obtiene con el valor del número de Reynolds.

$$CD = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \quad Ec. 21$$

Donde:

CD: coeficiente de arrastre

- Velocidad de sedimentación de la partícula en a zona de transición

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CD} + (\rho_s - 1) * \phi} \quad Ec. 22$$

- Velocidad limite o velocidad de arrastre

$$va = 125[(\rho s - \rho)\phi]^{1/2} \quad Ec. 23$$

- Área superficial

$$As = \frac{Q \text{ diseño}}{vs} \quad Ec. 24$$

Donde:

As: Área superficial, m²

Q diseño: Caudal de diseño, m³/s

vs: velocidad de sedimentación, m/s

1.5.6.2. Dimensiones de diseño del desarenador

Tabla 7-1: Geometría recomendada para un desarenador del flujo horizontal

Parámetro	Dimensiones
Relación Largo: Ancho	2.5:1-5:1
Relación Ancho: Profundidad	1:1-5:1

Fuente: Adaptado Ras 2000. Título E
Elaborado por: Chamba, C., 2016

- Área total

$$A = LD * b \quad Ec. 25$$

- Velocidad horizontal

$$vh = \frac{Q \text{ diseño}}{A} \quad Ec. 26$$

Donde:

vh: velocidad horizontal, m/s

A: área total, m²

- Verificación

$$va > vh \quad Ec. 27$$

- Tiempo de Retención

$$tr = \frac{V}{Q \text{ diseño}} \quad Ec. 28$$

Se calcula el volumen del tanque desarenador con:

$$V = LD * b * HD \quad Ec. 29$$

Donde:

tr: tiempo de retención, s

V: volumen del tanque desarenador, m³

LD: longitud del desarenador, m

b: ancho del desarenador, m

HD: profundidad del desarenador, m

Q: caudal de diseño, m³/s

- Longitud de Transición al ingreso del desarenador

$$Lt = \frac{B - b1}{2tg\theta} \quad Ec. 30$$

Donde:

B: Ancho del desarenador: b

b1: ancho del canal de llegada a la transición

θ: Ángulo de divergencia 12° 30' (SALUD, 2005)

1.5.7. Tanque Imhoff

Es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

El tanque imhoff tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque imhoff es de forma rectangular o circular y se divide en tres compartimientos.

- Cámara de sedimentación: Unidad del tanque imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.

- Cámara de digestión de lodos: Unidad del tanque imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas

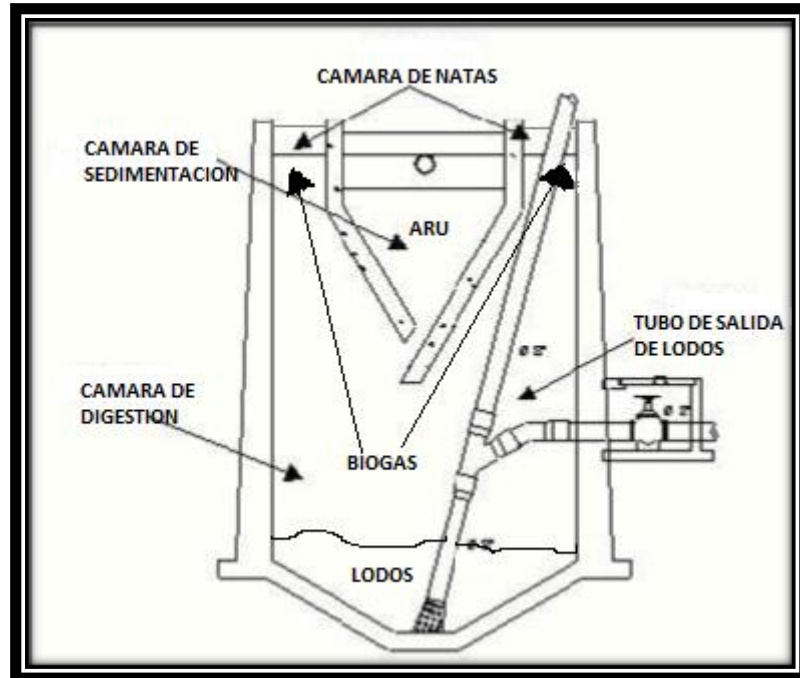


Figura 6-1: Diagrama de tanque Imhoff
Fuente: OPS/CEPIS/05

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. (SALUD, 2005)

1.5.7.1. Dimensionamiento del Tanque Imhoff

Los siguientes valores son recomendados para el diseño del tanque Imhoff.

Tabla 8-1: Valores recomendados para el dimensionamiento del tanque Imhoff

PARAMETROS DE DISEÑO	
COMPONENTES Y PARAMETROS RESPECTIVOS	VALOR
Compartimiento de Sedimentación	
Relación longitud-ancho	2-1 a 5-1
Pendiente	1.25:1 a 1.75:1
Abertura de las ranuras	15-30 cm
Proyección de ranuras	15-30cm
Baffle de espumas:	
Encima de la superficie	45-60 cm
Debajo de la superficie	15cm
Tasa de desbordamiento superficial	25-40 m ³ /m ² *d
Tiempo de retención	2-4 h
Área de ventilación del gas	
Área Superficial	15-30 % del total
Ancho de la abertura	45 a 75 cm
Cámara de digestión de lodos	
Volumen	55 a 100 L/cápita
Tubería de recolección de lodos	200 a 300 mmm
profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos	30 a 90 cm
Profundidad del tanque desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque	7 a 10 m
Capacidad de almacenamiento de lodos	6 meses

Fuente: RAS 2000. Título E.

Elaborado por: Chamba, C., 2016

1.5.7.2. Dimensionamiento del Sedimentador

Este cálculo está enfocado a determinar las dimensiones de los tanques, es decir el largo, área, ancho y altura.

a. Cálculo del área

$$A_{sed} = \frac{Q}{C_s} \quad Ec. 31$$

Donde:

A_{sed} = área superficial del tanque (m²)

Q = caudal a tratar (m³/h)

C_s = carga superficial (m³/m².dia)

b. Cálculo del Volumen del Sedimentador

La capacidad de la cámara de sedimentación, se obtiene del producto del caudal de diseño y el tiempo de retención del agua residual dado en horas.

$$VS = Q_{\text{diseño}} * tr \quad Ec. 32$$

Donde:

V: Volumen del sedimentador, m³

tr: tiempo de retención hidráulica, día

Recomendaciones:

- El tiempo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas.
- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.
- En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digester, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.

c. Longitud mínima del vertedero de salida

$$LVs = \frac{Q_{max}}{Chv} \quad Ec. 33$$

Donde:

Q_{max}: Caudal máximo diario de diseño, en m³/día.

Chv: Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 – 500 m³/(m*día),(recomendable 250)

1.5.7.3. Dimensionamiento del Digester o Cámara de Digestión

a. Volumen de la Cámara de Digestión

$$Vd = \frac{70 * P * fcr}{1000} \quad Ec. 34$$

Donde:

Vd: Volumen de almacenamiento y digestión (m³)

fcr: factor de capacidad relativa, ver la tabla a continuación.

P: Población de diseño

El factor de capacidad relativa según la temperatura se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 9-1: Factor de Capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de Capacidad Relativa fcr
5	2,00
10	1,40
15	1,00
20	0,70
> 25	0,50

Fuente: Normas OPS/CEPIS.Lima 2005.

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Considerar que:

- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

b. Tiempo requerido para la digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura; se usará la tabla siguiente:

Tabla 10-1: Tiempo para digestión de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

Fuente: Normas OPS/CEPIS.Lima 2005.

Elaborado por: Chamba, C., 2016

c. Frecuencia del retiro de lodos

La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempos referenciales, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos;

estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

d. Extracción de lodos

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. (SALUD, 2005)

1.5.8. Lecho de Secado

Es uno de los procesos más usados por su funcionamiento sencillo y porque consiste en un tanque de aireación, un tanque sedimentador, un tanque para almacenar lodos y una recirculación de lodos. Los principales parámetros a considerar son la humedad relativa, temperatura, evaporación y precipitación, siendo la humedad relativa el factor decisivo por la dificultad de bajar el grado de humedad por debajo de su valor.

a) Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$C = \frac{Pf * C_{pc}}{1000g} \quad Ec.35$$

Dónde:

Pf = población futura (hab)

Cpc = contribución per cápita ((gSS/hab*día) *Kg)

b) Masa de sólidos que conforman los lodos

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad Ec.36$$

Dónde:

C = carga de sólidos que ingresan al sedimentador (KgSS/hab*día)

c) Volumen diario de lodos digeridos

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ solidos}}{100}\right)} \quad Ec. 37$$

Dónde:

Msd = masa de sólidos que conforman los lodos (KgSS/hab*día)

d) Volumen a extraerse del tanque

$$V_{et} = \frac{V_{ld} * T}{1000} \quad Ec. 38$$

Dónde:

V_{ld} = volumen diario de lodos digeridos (L/día)

T = tiempo de digestión (días)

e) Área lecho de secado

$$A_{ls} = \frac{V_{et}}{Hal} \quad Ec. 39$$

Dónde:

Vte = volumen a extraerse del tanque (m³)

Hal = profundidad de aplicación (m)

1.5.9. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente es un proceso de crecimiento adherido, para el tratamiento de residuos solubles; es el tratamiento anaerobio más sencillo de mantener porque la biomasa permanece como una película microbial adherida y porque como el flujo es ascensional, el riesgo de taponamiento es mínimo. (BATERO., 2007)

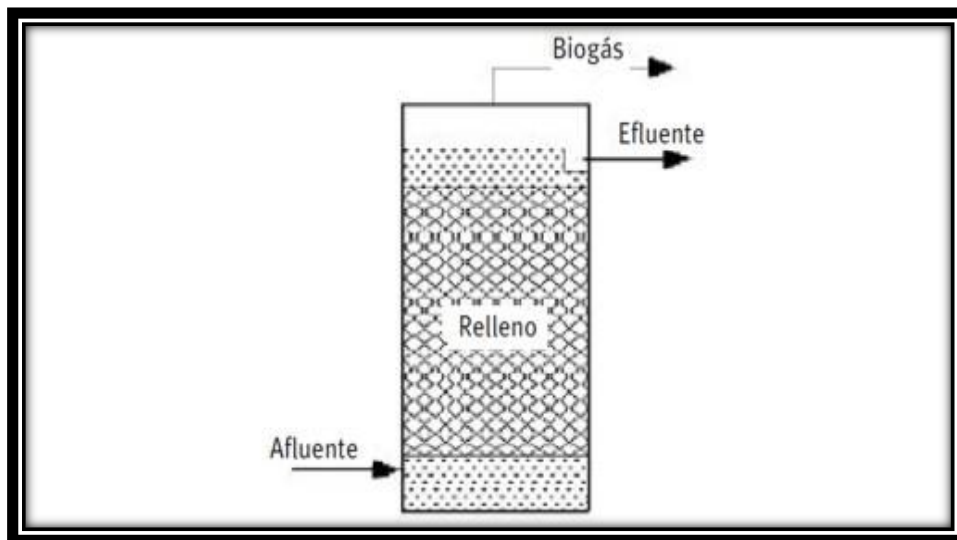


Figura 7-1: Filtro Anaerobio de flujo ascendente

Fuente: <http://eco-sosteingenieria.blogspot.com/>

El filtro anaerobio está constituido por un tanque o columna, relleno con un medio sólido para soporte del crecimiento biológico anaerobio. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento biológico anaerobio adherido al medio y como las bacterias son retenidas sobre el medio no salen en el efluente, es posible obtener tiempos de retención celular del orden de cien días con tiempos de retención hidráulica cortos. Estos filtros también pueden ser útiles para desnitrificar efluentes ricos en nitratos.

El arranque de un proceso de crecimiento adherido puede ser más lento que el de un proceso de crecimiento suspendido, puede demorar unos seis meses en aguas residuales de baja concentración y de temperatura baja; pero la ventaja es que el filtro anaerobio es poco sensible a variaciones de carga hidráulica y a la operación discontinua pues el medio retiene los sólidos y la biomasa formada en él. En estudios hechos en Brasil se indica que estos filtros logran remociones de DBO del 80% con lechos de piedra de 4 y 7mm y una altura de 1.20m. Otros estudios con residuo de DQO igual a 1200 mg/ L, carga orgánica volumétrica menor de 4Kg DQO/ m³d, tiempo de retención hidráulica de 1 día, edad de los lodos de 56 días y temperaturas de 20 a 25 C, indicaron remociones del 88% de DQO. (BATERO., 2007)

1.5.9.1. Dimensionamiento del FAFA

Los filtros anaerobios de flujo ascendente pueden tener forma circular o rectangular; en este caso se dimensionará un FAFA de forma rectangular.

a. Volumen del filtro

$$Vf = Q \text{ diseño} * tr \quad Ec. 40$$

Donde:

Vf: Volumen del filtro, m³

tr: tiempo de retención hidráulica, días.

b. Área del filtro

$$Af = \frac{Vf}{Hu} \quad Ec. 41$$

Donde:

V: Volumen del filtro, m³

Hu: Profundidad útil del filtro, en la norma RAS 2000 Título E se recomienda una de 1.80m

c. Longitud del filtro

$$L = \frac{A}{b} \quad Ec. 42$$

d. Profundidad Total del Filtro

Se requiere adicionar una altura para la acumulación de los gases producidos en la digestión por lo que:

$$Htf = Hu + 0.30 \quad Ec. 43$$

1.6 Marco Legal del Proyecto

- ❖ Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA) El libro VI Anexo 1, tabla 12: trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes y tiene como objeto la prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua.
- ❖ El artículo 276 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que el régimen de desarrollo tendrá como objetivo el recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.
- ❖ Norma Técnica OS.090 "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Edificaciones según Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA, publicado en el peruano el 27 de noviembre 2009.
- ❖ Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, publicada en 1995, Décima Parte (X) Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- ❖ Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Co 10.07 – 601 Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en el Área Rural (SSA).
- ❖ El artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1 Localización del proyecto

La ciudad de Santa Clara es el cuarto cantón de la provincia de Pastaza, se encuentra ubicada en las coordenadas 01°16'5'' de LATITUD y a 77°54'00'' de LONGITUD; en el km. 40 hacia el nor-occidente de la vía Puyo-Tena, tiene una extensión de 402 km² de superficie, siendo la altitud de la cabecera cantonal de 610 metros sobre el nivel del mar; goza de una temperatura promedio de 20.9 grados centígrados; así mismo, cuenta con valor promedio anual de precipitación de 3928.8mm, lo que representa un promedio mensual de 327,4mm, se encuentra conformada por una población de aproximadamente 3565 habitantes según el censo del año 2010.



Figura 8-2: Localización del Cantón Santa Clara

Fuente: GADM del Cantón Santa Clara

- **Límites**

Al Norte: con la Provincia de Napo

Al Sur: con el Cantón Pastaza

Al Este: con el Cantón Pastaza y Arajuno

Al Oeste: con el Cantón Mera

2.2 Metodología

2.2.1 Reconocimiento del lugar de investigación

En el presente proyecto de investigación denominado DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA– PROVINCIA DE PASTAZA, se hizo el reconocimiento de la zona de descarga de A.R. en la desembocadura del alcantarillado con la ayuda del Director de Aguas del GAD Municipal de Santa Clara.

Las aguas servidas generadas por la población son evacuadas en forma directa a las riberas del Rio Llandía de una manera constante día a día por la red de alcantarillado sanitario que recorre por debajo de las calles de la ciudad. El agua residual al no recibir un tratamiento adecuado altera la calidad del Rio y sus propiedades físico-químicas provocando así un perjuicio muy grande para la gente que utiliza dicha agua, debido a que el Rio baña a otras ciudades del Cantón.



Figura 9-2: Zona de descarga de A.R. del Cantón Santa Clara
Fuente: Chamba, C., 2016

2.2.2 Métodos de recolección de la información

La medición de caudales se realiza in situ de cada uno de los procesos al momento que cae a los tanques de almacenamiento de cada uno de las etapas y de igual manera la toma de muestras a fin de recopilar información para el presente proyecto. Se aplicó

varios métodos como: el método inductivo, deductivo y experimental, es necesario conocer los hechos más importantes que se dan en el sistema de tratamiento del agua residual, para poder llegar a un adecuado y óptimo diseño de tratamiento.

- **Método Inductivo**

El método nos brinda un conocimiento de algo particular a algo general, es decir nos permite llegar a conclusiones generales, en el presente proyecto se trabaja con este método en el sentido de conocer la cantidad de contaminantes del A.R. generadas en la desembocadura del alcantarillado del Cantón Santa Clara, lo cual nos permitirá sacar conclusiones para realizar un análisis de que sistema emplear en dicha contaminación.

- **Método Deductivo**

Este método es lo contrario del método inductivo, es decir en este método partiremos de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión particular. El método deductivo en este proyecto de investigación nos brindara una información de la contaminación ambiental producida y que la posible solución va a ser el sistema de tratamiento de A.R.

- **Método Experimental**

El método experimental une las técnicas con el conocimiento humano, es decir, es el esfuerzo que un ser humano realiza con el afán de involucrarse en el mundo desconocido utilizando como ayuda su intelecto y sus características físicas. En el presente proyecto de investigación se unen las técnicas (TULSMA. Libro VI. Anexo I) con las caracterizaciones que se realizaran a diario en el lugar de muestreo con el fin de conocer si las características se encuentran en un rango permitido, o en el caso de no cumplir aplicar la simulación del sistema de tratamiento de A.R.

2.2.3 Plan de Muestreo

Los datos obtenidos en el muestreo definen el sistema de tratamiento y las técnicas de muestreo que se utilicen deben garantizar el conocimiento de los componentes del agua

residual, la determinación del flujo, frecuencia y sitio de vertido. En el presente sistema se toma como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo.

Las Aguas Residuales no presentan un flujo constante durante un intervalo de tiempo, por lo que es fundamental determinar un sitio de muestreo, un conocimiento de caudal y la descarga que se produce.

Se debe realizar muestras compuestas durante el tiempo de duración del estudio para de esta manera obtener datos verídicos en nuestro sistema. El muestreo se desarrolló en una primera instancia en los meses de Noviembre y Diciembre del 2015 y posteriormente en Enero y Febrero del 2016 con muestras tomadas por una semana en una forma diaria y con un intervalo de espera de 30 minutos en cada muestreo simple.

Las muestras de los primeros meses fueron de mucha importancia para tener una idea de la caracterización física, química y microbiológica de las A.R. para en el mes de Marzo poder finalmente validar los resultados en un análisis certificado.

Las muestras compuestas semanales contenían volúmenes de 15000 ml y los diarios 3000 ml que fueron las sumatorias de todas las muestras simples tomadas cada media hora en el sitio de muestreo.



Figura 10-2: Muestras a analizar en laboratorio

Fuente: Chamba, C., 2016

El sistema de plan de muestreo consiste en las siguientes etapas:

- **Envasado.-** Las muestras de A.R. se tomaron en primera instancia en envases de plástico (polietileno, propileno) con capacidad de 200 ml cada media hora para posteriormente verter en el envase de 3000ml y formar nuestra muestra compuesta diaria. Los envases eran limpiados cada día después de cada jornada de muestreo y enjuados al día siguiente con la muestra que se tomaba, en la limpieza no se usó detergentes para no alterar la composición de las aguas residuales. Las muestras fueron transportadas en coolers con hielo en la parte interna para poder conservarlas, debido a la distancia en donde se encontraba el sitio de muestreo.



Figura 11-2: Envasado de muestras

Fuente: Chamba, C., 2016

- **Etiquetado.-** Cada muestra se presentó en el laboratorio con un registro que tenía los siguientes registros: número de muestra, nombre del responsable, fecha, hora y lugar del muestreo.

2.2.4 Técnicas

2.2.4.1 Parámetros físicos

- **Parámetro de Potencial de Hidrogeno**

La determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potencio métricas utilizando un electrodo patrón hidrogeno y otro de referencia. La norma por la que se determina es la siguiente:

Tabla 11-2: Técnica para determinar el pH

Potencial de hidrogeno, Ph	
Código	METODO PE-LSA-01
Fundamento	El pH indica la alcalinidad o acidez del agua, tiene un rango de 1 a 14. Si el agua es acida el pH es menor a 7, si es básica mayor a 7 y si es igual a 7 es neutro.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • pH metro • Buffer 7
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el equipo utilizando buffer • Introducir el electrodo en la muestra, agitar suavemente • Esperar unos segundos que se estabilice y tomar lectura.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

• **Turbiedad**

Mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada). La norma para determinar este parámetro es la siguiente:

Tabla 12-2: Técnica para determinar la turbidez

Turbidez	
Código	STANDARD METHODS 2130 B
Fundamento	Intensidad de color en el agua. Identificación de impurezas de origen inorgánico y orgánico.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro • Celda • Pizeta • Muestra (A.R)
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en la celda el agua a analizar • Colocar la celda en el turbidímetro • Leer según la escala deseada (0-1,0-10,0-100 NTU)
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

• **Conductividad**

Capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, esto se realiza mediante iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como de la temperatura. La norma para determinar este parámetro es la siguiente:

Tabla 13-2: Técnica para determinar la conductividad

Conductividad	
Código	PE-LSA-02
Fundamento	Capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, esto se realiza mediante iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como de la temperatura.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitado de 250 ml
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y verter en el recipiente del conductímetro. • Tomar la lectura en el conductímetro. • Leer según la escala deseada (0-1,0-10,0-1000) micro ohms*cm.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

- **Sólidos totales disueltos**

Existen dos maneras de medir este parámetro que son las siguientes:

- Cálculo mediante suma de concentraciones de todos los cationes y aniones.
- Evaporación de una muestra de agua y peso de los residuos.

Tabla 14-2: Técnica para determinar sólidos totales disueltos

Sólidos totales disueltos	
Código	PE-LSA-04
Fundamento	Cantidad de materia disuelta en un volumen de agua.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo sensible HACH • Vaso de precipitado de 250 ml
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar aproximadamente 100ml de agua cruda en un vaso de 250ml. • Leer directamente en el equipo.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

- **Sólidos Sedimentables**

Son determinados y expresados en función de un volumen (ml) o de un peso (mg/l).

Tabla 15-2: Técnica para determinar sólidos sedimentables

Sólidos Sedimentables	
Código	STANDARD METHODS 2540 D
Fundamento	Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas, así como los residuos domésticos e industriales.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Capsula de Porcelana • Platino • Vaso alto de sílice • Mufla • Baño de vapor • Desecador • Balanza analítica
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Volumétrico • Llenar un cono Imhoff hasta una marca con la muestra y dejar sedimentar 45 minutos removiendo constantemente.
Reporte de resultados	$\text{mgSS/L} = \text{mg de STS} \times \text{Suspension/L} - \text{kmg SNS/L}$ Donde: SS = sólidos sedimentables STS= sólidos totales en suspensión SNS= sólidos no sedimentables

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

2.2.4.2 Parámetros químicos

- **Cloro libre**

En aguas subterráneas naturales se observan incrementos de los niveles de cloro debido a los clarificados usados en los sistemas de tratamiento.

Tabla 16-2: Técnica para determinar el cloro libre

Cloro libre	
Código	METODO HACH2004
Fundamento	Aguas superficiales y subterráneas naturales tienen muy pocos niveles de cloro (mg/l).
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 50ml • HACH 2004

	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 1ml • Reactivo DPD, reactivo para cloro libre
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en 25ml de muestra de agua cruda con el reactivo DPD. • Esperar 3 min. • Colocar 10 ml en la celda • Medir en el HACH
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

• **DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)**

En un frasco hermético se vierte agua hasta rebosar e incubarlo por 5 días. La determinación se realiza con la siguiente norma:

Tabla 17-2: Técnica para determinar la demanda bioquímica de oxígeno

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	
Código	STANDARD METHODS 5210-B
Fundamento	El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de DBO • Botellas de incubación • Grasa • Tampones de copa • Capsula magnética • Probeta graduada • Termómetro • Embudo
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Calentar o enfriar la muestra hasta 2°C de la temperatura de incubación (20°C). • En una probeta verter 160ml de la muestra en una botella oscura. • Mezclar en cada botella de la muestra una barra magnética. • Añadir el contenido Buffer nutritivo para DBO para obtener un crecimiento óptimo de bacterias. • Rosear grasa en la boca de cada botella para sellar con el tampón de copa. • Añadir LiOH en un tubo de ensayo colocado en cada botella sobre el tampón de copa y colocar en el equipo. • A temperatura de 20°C = 2 °C colocar en el equipo en la incubadora o estufa. • Seleccionar el tiempo necesario.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el agua de la disolución no está sembrada: $ROB5 = (D1 - D2) / P$ • Cuando el agua de disolución está sembrada: $ROB (5mg/l) = ((D1 - D2) - (B1 - B2) * f) / P$

	<p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación (mg/L)</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C (mg/L)</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación (mg/L)</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>
--	---

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

• **DQO (Demanda Química de Oxígeno)**

Determina la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua y su determinación se realiza con la siguiente norma:

Tabla 18-2: Técnica para determinar la demanda química de oxígeno

DQO (Demanda química de oxígeno)	
Código	STANDARD METHODS 5220-D mod
Fundamento	Con un exceso conocido de dicromato de potasio en una disolución de ácido fuerte se coloca la muestra a reflujo y se mide el dicromato no reducido por titulación o espectrofotómetro.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor de DQO • Vaso de precipitación • Tubos de reactivos de digestión con tapa • Toallas de papel • Probeta graduada • Pipetas volumétricas
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Precalentar a 150°C el digestor de DQO y tomar la muestra homogeneizada. • Añadir la disolución digestora respectiva • Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos • Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar. • Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El DQO se expresa mg O₂/L: $DQO = (V1 \times VP \times 8000) / V_s$ <p>Dónde:</p> <p>V1= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.</p> <p>V2= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.</p>

	Vs= volumen de la muestra.
--	----------------------------

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016
Elaborado por: Chamba, C., 2016

• Aceites y grasas

Por contacto íntimo con diversos disolventes orgánicos los aceites y grasas se extraen de las aguas.

Tabla 19-2: Técnica para determinar aceites y grasas

Aceites y grasas	
Código	EPA 418,1
Fundamento	Determinación cuantitativa de grupos de sustancias con características físicas similares en base a la solubilidad común en triclorotrifluoroetano.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Embudo de separación • Matraz de destilación • Baño de agua • Papel filtro (diámetro 11cm)
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetado de botella con 1 ml de muestra • Acidificar con 5ml de HCl y pasar por el embudo hasta un pH de 2 o inferior. • Drenar la capa del disolvente con un papel filtro después de que se forme dos capas. • Añadir 1g de sulfato de sodio y drenar si la capa no está clara. • Extraer 30 ml de disolvente por dos veces.
Reporte de resultados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La ecuación de determinación de aceites y grasas es la siguiente: $\text{mg de aceites y grasas/L} = (A - k B) \cdot 1000 \text{ml de muestra}$ Dónde: A = la ganancia total del peso B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016
Elaborado por: Chamba, C., 2016

- **Tensoactivos**

La técnica a seguir para la determinación de tensoactivos es la siguiente:

Tabla 20-2: Técnica para determinar tensoactivos

Tensoactivos	
Código	STANDARD METHODS 5540 – C mod
Fundamento	El método se basa en la destilación de los fenoles a un pH de 10 en presencia de ferrocianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo, son extraídos con cloroformo midiendo su absorbancia.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Equipo de destilación • Potenciómetro de laboratorio • Espectrómetro • Papel filtro • Embudos de separación
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando un indicador naranja de metilo en una muestra de 500 ml ajustar el ph a 4 con ácido fosfórico. • Destilar la muestra, adicionar 500ml de agua caliente, seguir destilando hasta un volumen de 500ml de destilado total.
Reporte de resultados	<p>✓ El cálculo de fenoles se realiza utilizando la siguiente ecuación de la curva de calibración:</p> $Y = mx + b$ <p>✓ Para la concentración:</p> $U_{\text{fenol/L}} = (A/B)$ <p>Dónde:</p> <p>A = μgr de fenol determinada en la curva</p> <p>B= ml de la muestra original</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

2.2.4.3 Parámetros microbiológicos

- **Coliformes fecales**

Tabla 21-2: Técnica para determinar coliformes fecales

Coliformes fecales	
Código	STANDARD METHODS 9221 – C
Fundamento	Los estreptococos fecales son: Bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre.

	Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua.
Materiales y Reactivos	Cajas Petri Pipetas Autoclave Estufa Disco filtrante Agar de plata Agua destilada Pinzas Papel filtro Matraz Bomba al vacío
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. ✓ Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. ✓ Las almohadillas absorbentes se acomodan en cajas de Petri, las cuales se incuban. ✓ Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración. ✓ La placa Petri con el contenido se lleva a estufa a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.
Reporte de resultados	Conteo de colonias formadas tras la incubación en cada disco filtrante y los resultados se obtienen en millones de microorganismos por litro de agua.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, 2016

Elaborado por: Chamba, C., 2016

2.3 Datos Experimentales

2.3.1 Consideraciones para el diseño

- El GAD Municipal de Santa Clara es el ente encargado de distribuir el agua potable a todo el cantón, debido a las diferentes vertientes que se encuentran en las partes altas de la zona; por esta razón según datos proporcionados por este ente Municipal se tomara como periodo de diseño a 20 años para sistemas de tipo terciario.

- Se puede considerar que la vida útil de tuberías y estructuras es superior a 25 años, donde se espera que la planta funcione al 100% de su capacidad.
- En el diseño se considerara los beneficiarios directos de la ciudad de Santa Clara, y por otro lado la población flotante. Adicionalmente existe una población estudiantil distribuida de la siguiente manera:

Escuela y Colegio de la Misión Josefina= 300 habitantes

Colegio Antonio Cabri= 500 habitantes

Total= 800 habitantes

- La población flotante rural = 20 % de la población total
- Para los cálculos se tomara un valor del 15 % de la población estudiantil y por lo tanto la población actual es igual a la población censada más el porcentaje por población estudiantil.
- De acuerdo a las características de la comunidad en estudio, y debido a la falta de datos censales, para calcular la población futura se propone la adopción del Método Geométrico recomendado por las normas en el cual se estipula el uso de un índice de crecimiento que se aplica junto con el periodo de diseño adoptado. Se tomara como referencia los índices de crecimientos recomendados para poblaciones:

CONADE 3.5%

EXIEOS 1.5%

INEC 3.0%
- De acuerdo a la vigencia de las Instituciones mencionadas se considerara para el cálculo un índice de crecimiento del INEC = 3%.
- Para la densidad, cobertura y población servida se ha considerado un área consolidada poblada en Santa Clara es de 98.90 hectáreas que son datos obtenidos en catastros mediante el siguiente cuadro:

Tabla 22-2: Datos de cobertura y población servida

Periodo de diseño	Año calendario	Área Ha.	Población Total	Densidad ha/Ha	Cobertura	Población servida
01	2006	79.12	1570	19.84	80%	1256
20	2026	89.01	2836	31.86	90%	2552

Fuente: GAD. Municipal de Santa Clara. Unidad de Agua Potable y Alcantarillado, 2016
Elaborado por: Chamba, C., 2016

- Las dotaciones para determinar una adecuada dotación en el cantón Santa Clara se analizara la siguiente consideración: Según lo señalado en las Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición excreta, para poblaciones mayores a 1000 habitantes tendremos una dotación que puede ser entre 120 y 200 L/hab/día, dependiendo del clima predominante de la zona en estudio que en nuestro proyecto es el cantón mencionado anteriormente.

2.3.2 Caracterización de las aguas residuales

El requisito fundamental antes de proceder a la determinación del grado de tratamiento a darse a las aguas residuales, es conocer las características del agua residual a ser tratada y efectuar un estudio del cuerpo receptor, en base al cual determinar el grado de tratamiento, aspectos que serán detallados a continuación:

Tabla 23-2: Caracterización física

Determinación	Aspecto
Color	Amarillenta, café
Olor	Azufre

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 24-2: Análisis físico-químico y microbiológico (muestra compuesta)

Parámetros	Expresado como:	Unidad	**límites máximo permisibles	Resultados
pH	pH	$[H^+]$	5-9	6,59
Conductividad		μ Siems/cm		139,5
*Aceites y Grasas		mg/L	0.3	10
*Detergentes		mg/L	0,5	0,21
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mgO ₂ /L	100	120
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	250	182
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	UFC/100ml	Remoción > al 99%	2800

Fuente: *Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, ** Anexo 1-Tabla 12 TULSMA

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 25-2: Análisis físico-químico y microbiológico de muestreo repetitivo

Parámetros	Expresado como:	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
*Turbiedad		6,2	5,3	5,9	5,81
*Sólidos Suspendidos		17	15	16	16
*Aceites y Grasas		9,4	10,2	10,4	10
*Detergentes		0,25	0,21	0,18	0,21
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	110	110	140	120
Demanda Química de Oxígeno	DQO	180	183	183	182
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	2830	2780	2790	2800

Fuente: *Laboratorio de Análisis Técnicos UNACH, ** Anexo 1-Tabla 12 TULSMA
Elaborado por: Chamba, C., 2016

2.3.3 Datos del monitoreo del caudal

El monitoreo de caudal se realizó durante 6 días de la siguiente manera:

Tabla 26-2: Caudal del día lunes

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (mL/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
08:00	910	1260	918	931,6	0,985	0,985	3,546	985,401
	1000	1057						
	890	886						
	840	787						
	950	668						
09:00	1000	833	996	750,2	1,328	1,328	4,781	1327,646
	1000	725						
	1000	787						
	980	855						
	1000	551						
10:00	1000	637	989	629	1,572	1,572	5,659	1572,337
	980	550						
	1000	651						
	980	674						
	985	633						

11:00	1000	714	1000	684,8	1,460	1,460	5,256	1460,280
	1000	498						
	1000	596						
	1000	773						
	1000	843						
12:00	940	587	988	543,6	1,818	1,818	6,545	1817,513
	1000	657						
	1000	463						
	1000	497						
	1000	514						
13:00	1000	596	990	546,8	1,811	1,811	6,520	1810,534
	980	605						
	970	432						
	1000	520						
	1000	581						
14:00	970	484	986	528,4	1,866	1,866	6,718	1866,011
	980	580						
	1000	657						
	1000	481						
	980	440						
15:00	970	528	994	577,2	1,722	1,722	6,199	1722,107
	1000	645						
	1000	563						
	1000	522						
	1000	628						
16:00	980	508	976	514,6	1,897	1,897	6,829	1896,619
	930	478						
	970	585						
	1000	545						
	1000	457						
17:00	1000	840	970	667,6	1,453	1,453	5,231	1452,966
	910	778						
	950	586						
	990	592						
	1000	542						
18:00	1000	552	978	589,2	1,660	1,660	5,976	1659,878
	990	512						
	1000	543						
	990	621						
	910	718						
SUMA					17,572	17,572	63,259	17571,291

PROM.		1,597	1,597	5,751	1597,390
MAX		1,897	1,897	6,829	1896,619
MIN		0,985	0,985	3,546	985,401

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 27-2: Caudal del día martes

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
8:00	910	752	962	753,4	1,277	1,277	4,5972	1276,878
	1000	720						
	920	771						
	980	912						
	1000	612						
9:00	970	647	988	587,4	1,682	1,682	6,055	1681,988
	1000	593						
	1000	616						
	970	625						
	1000	456						
10:00	980	657	956	649	1,473	1,473	5,303	1473,035
	990	739						
	910	700						
	920	595						
	980	554						
11:00	940	682	986	623,2	1,582	1,582	5,695	1582,157
	1000	550						
	1000	568						
	990	572						
	1000	744						
12:00	980	768	988	637	1,551	1,551	5,584	1551,020
	960	579						
	1000	540						
	1000	743						
	1000	555						
13:00	1000	691	962	614,2	1,566	1,566	5,638	1566,265
	970	581						
	960	493						
	900	647						
	980	659						
14:00	900	747	952	669,8	1,421	1,421	5,116	1421,320
	980	616						
	900	751						
	990	585						
	990	650						
15:00	990	594	994	663,4	1,498	1,498	5,393	1498,342
	990	673						

	1000	699						
	1000	687						
	990	664						
16:00	1000	488	966	600,4	1,609	1,609	5,792	1608,927
	980	598						
	960	540						
	950	606						
	940	770						
17:00	980	613	976	589	1,657	1,657	5,965	1657,046
	920	574						
	990	503						
	990	605						
	1000	650						
18:00	930	631	964	542,8	1,776	1,776	6,394	1775,976
	980	495						
	960	530						
	950	415						
	1000	643						
SUMA					17,093	17,092	61,531	17092,955
PROM.					1,554	1,554	5,594	1553,905
MAX					1,776	1,776	6,394	1775,976
MIN					1,277	1,277	4,5972	1276,878

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 28-2: Caudal del día miércoles

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
8:00	910	752	924	739,6	1,249	1,249	4,4964	1249,324
	1000	720						
	920	771						
	840	787						
	950	668						
9:00	930	631	964	542,8	1,776	1,776	6,394	1775,976
	980	495						
	960	530						
	950	415						
	1000	643						
10:00	1000	456	984	616,8	1,595	1,595	5,742	1595,331
	990	739						
	960	493						
	980	657						
	990	739						
11:00	1000	691	966	690,6	1,399	1,399	5,036	1398,784
	970	647						
	970	625						
	900	751						
	990	739						
12:00	1000	550	986	571,6	1,725	1,725	6,210	1724,983
	960	530						
	990	605						
	1000	643						
	980	530						
13:00	1000	709	984	590,8	1,666	1,666	5,998	1665,538
	990	650						
	950	415						
	980	530						
	1000	650						
14:00	980	613	978	653,6	1,496	1,496	5,386	1496,328
	920	574						
	990	594						
	1000	743						
	1000	744						
15:00	950	586	980	606,4	1,616	1,616	5,818	1616,095
	1000	543						

	960	540						
	1000	699						
	990	664						
16:00	990	512	962	666,2	1,444	1,444	5,198	1444,011
	910	778						
	980	598						
	990	673						
	940	770						
17:00	1000	840	970	667,6	1,453	1,453	5,231	1452,966
	910	778						
	950	586						
	990	592						
	1000	542						
18:00	1000	552	978	589,2	1,660	1,660	5,976	1659,878
	990	512						
	1000	543						
	990	621						
	910	718						
SUMA					17,079	17,079	61,484	17079,213
PROM.					1,553	1,553	5,589	1552,656
MAX					1,776	1,776	6,394	1775,976
MIN					1,249	1,249	4,4964	1249,324

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 29-2: Caudal del día jueves

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
8:00	970	625	948	817,2	1,160	1,160	4,176	1160,059
	980	915						
	980	895						
	1000	853						
	810	798						
9:00	980	875	988	794,4	1,244	1,244	4,478	1243,706
	1000	777						
	1000	556						
	970	886						
	990	878						
10:00	1000	833	976	742,8	1,314	1,314	4,730	1313,947
	980	677						
	910	730						
	990	751						
	1000	723						
11:00	1000	720	944	577,8	1,634	1,634	5,882	1633,783
	980	613						
	970	590						
	880	456						
	890	510						
12:00	1000	744	988	637,4	1,550	1,550	5,580	1550,047
	980	592						
	1000	570						
	960	693						
	1000	588						
13:00	990	777	960	712,6	1,347	1,347	4,849	1347,179
	970	765						
	1000	879						
	960	674						
	880	468						
14:00	900	604	974	667,6	1,459	1,496	5,386	1458,957
	990	614						
	1000	729						
	1000	707						
	980	684						
15:00	1000	518	948	600	1,580	1,580	5,688	1580,000
	980	602						

	960	626						
	880	504						
	920	750						
16:00	900	623	960	607	1,582	1,582	5,695	1581,549
	920	594						
	990	523						
	1000	670						
	990	625						
17:00	910	611	962	575,4	1,672	1,672	6,019	1671,880
	970	523						
	960	550						
	1000	663						
	970	530						
18:00	1000	719	966	518,4	1,863	1,863	6,707	1863,426
	990	674						
	920	497						
	980	550						
	940	448						
SUMA					16,405	16,442	59,191	16404,534
PROM.					1,491	1,495	5,381	1491,321
MAX					1,863	1,863	6,707	1863,426
MIN					1,160	1,160	4,176	1160,059

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 30-2: Caudal del día viernes

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
8:00	920	778	946	814,2	1,162	1,162	4,183	1161,877
	930	762						
	980	876						
	900	765						
	1000	890						
9:00	1000	876	954	807,6	1,181	1,181	4,252	1181,278
	1000	765						
	1000	890						
	890	765						
	880	742						
10:00	1000	782	978	802,2	1,219	1,219	4,388	1219,147
	980	650						
	1000	980						
	960	865						
	950	734						
11:00	1000	658	966	682,2	1,416	1,416	5,098	1416,007
	1000	650						
	1000	876						
	940	762						
	890	465						
12:00	900	679	948	702,2	1,350	1,350	4,860	1350,043
	920	777						
	950	652						
	980	720						
	990	683						
13:00	1000	765	994	682,2	1,457	1,457	5,245	1457,051
	980	672						
	990	692						
	1000	593						
	1000	689						
14:00	900	519	970	692	1,402	1,402	5,047	1401,734
	1000	678						
	1000	890						
	1000	739						
	950	634						
15:00	1000	783	974	726,6	1,340	1,340	4,824	1340,490
	980	654						

	890	754						
	1000	589						
	1000	853						
16:00	980	568	990	648,6	1,526	1,526	5,494	1526,364
	990	680						
	1000	582						
	980	710						
	1000	703						
17:00	1000	630	992	658,4	1,507	1,507	5,425	1506,683
	980	595						
	1000	582						
	980	750						
	1000	735						
18:00	990	448	978	512,6	1,908	1,908	6,869	1907,920
	920	498						
	1000	702						
	1000	418						
	980	497						
SUMA					15,469	15,468	55,685	15468,594
PROM.					1,406	1,406	5,062	1406,236
MAX					1,908	1,908	6,869	1907,920
MIN					1,162	1,162	4,183	1161,877

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 31-2: Caudal del día sábado

Hora	Volumen (mL)	Tiempo (ms)	\dot{x} Volumen (mL)	\dot{x} Tiempo (ms)	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
8:00	960	563	982	713,6	1,376	1,376	4,954	1376,121
	1000	959						
	980	593						
	970	487						
	1000	966						
9:00	890	587	954	617,4	1,545	1,545	5,562	1545,190
	1000	498						
	980	619						
	1000	982						
	900	401						
10:00	1000	496	956	613,6	1,558	1,558	5,609	1558,018
	900	567						
	900	873						
	1000	592						
	980	540						
11:00	880	452	964	671,4	1,436	1,436	5,170	1435,806
	990	830						
	1000	873						
	950	560						
	1000	642						
12:00	980	641	990	677	1,462	1,462	5,263	1462,334
	1000	659						
	980	692						
	990	673						
	1000	720						
13:00	980	651	912	662	1,378	1,378	4,961	1377,644
	880	604						
	900	672						
	1000	781						
	800	602						
14:00	1000	592	916	609,6	1,503	1,503	5,411	1502,625
	800	472						
	1000	601						
	900	701						
	880	682						
15:00	1000	761	974	797,2	1,222	1,222	4,399	1221,776
	880	720						

	1000	820						
	990	803						
	1000	882						
16:00	990	561	990	602,8	1,642	1,642	5,911	1642,336
	1000	730						
	980	521						
	980	620						
	1000	582						
17:00	900	729	954	706,8	1,350	1,350	4,860	1349,745
	880	421						
	1000	792						
	1000	862						
	990	730						
18:00	1000	892	992	799,2	1,241	1,241	4,468	1241,241
	1000	862						
	1000	820						
	990	720						
	970	702						
SUMA					15,713	15,713	56,567	15712,835
PROM.					1,428	1,428	5,142	1428,440
MAX					1,642	1,642	5,911	1642,336
MIN					1,222	1,222	4,399	1221,776

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Tabla 32-2: Promedio de caudales semanales

Día	Q Caudal (ml/ms)	Q Caudal (L/s)	Q Caudal (m3/h)	Q Caudal (mL/s)
LUNES	1,597	1,597	5,751	1597,390
MARTES	1,554	1,554	5,594	1553,905
MIERCOLES	1,553	1,553	5,589	1552,656
JUEVES	1,491	1,495	5,381	1491,321
VIERNES	1,406	1,406	5,062	1406,236
SABADO	1,428	1,428	5,142	1428,440

Elaborado por: Chamba, C., 2016

Con los datos subrayados en la tabla 32-2 se realizaran los cálculos del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

2.4 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de AR

2.4.1 Calculo para la proyección de habitantes

- Población actual

$$Pa = Pu + Pr \quad Ec. 1$$

$$Pa = (1450 + 2456)$$

$$Pa = 3906 \text{ hab}$$

- Población futura

$$Pf = Pa \times (1 + i)^n \quad Ec. 2$$

$$Pf = 3906 \times (1 + 0.03)^{25}$$

$$Pf = 6482,34 \text{ hab}$$

2.4.2 Calculo para el caudal de diseño

- Caudal medio

$$D = \frac{Q_{\max \text{ diario}}}{Pe} \quad Ec. 4$$

$$Q_{\max \text{ diario}} = Q (\text{día lunes}) \frac{L}{s} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{3600s}{1h}$$

$$Q_{\max \text{ diario}} = 1,597 \frac{L}{s} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{3600s}{1h}$$

$$Q_{\max \text{ diario}} = 137980,8 \frac{L}{\text{día}}$$

$$D = \frac{137980,8}{3906}$$

$$D = 35,33 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}$$

Nivel de complejidad del sistema en función de la dotación, según tabla 6-1, utilizando los datos en la Ec. 3.

$$Q_{med} = \frac{Pf * D * C}{86400} \quad Ec. 3$$

$$Q_{med} = \frac{6482,34 \text{ hab} * 35,33 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}} * 0,70}{86400}$$

$$Q_{med} = 1,86 \frac{L}{s}$$

- **Factor de mayorización**

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{Pf}{1000}}} \quad Ec.5$$

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{6482,34}{1000}}}$$

$$F = 3,14$$

- **Caudal de infiltración**

$$Qinf = \infty * (Ap) \quad Ec.6$$

$$Qinf = 0.1 * (89.01)$$

$$Qinf = 8,90 \frac{L}{s}$$

- **Caudal de conexiones erradas**

$$QCE = 10 \% (QM + F) + Qinf \quad Ec.7$$

$$QCE = 0,10 (1,86 + 3,14) \frac{L}{s} + 8,90 \frac{L}{s}$$

$$QCE = 9,40 \frac{L}{s}$$

- **Caudal de diseño**

$$QDISEÑO = QM * F + QINF + QCE$$

$$QDISEÑO = (1,86 * 3,14) + (8,90 + 9,40)$$

$$QDISEÑO = 24,14 \frac{L}{s}$$

$$QDISEÑO = 0,024 \frac{m^3}{s}$$

$$QDISEÑO = 2085,70 \frac{m^3}{dia}$$

2.4.3 Calculo de canal

- **Área del canal**

$$A = b \times h \quad Ec.8$$

$$A = 0,5m \times 0,8m$$

$$A = 0,4 m^2$$

- **Radio hidráulico**

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad Ec.9$$

$$RH = \frac{0,5m \times 0,8m}{(0,5 + 2(0,8))m}$$

$$RH = 0,19m$$

Velocidad a la que se transporta el AR hacia el proceso de tratamiento, utilizando la tabla 8-1 y la Ec. 10.

$$k = \frac{Q * n}{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}} \quad Ec. 10$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 10$$

$$V = \frac{1}{0,013} \times (0,19)^{\frac{2}{3}} \times (0,0005)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0,57 \frac{m}{s}$$

2.4.4 Cálculo para rejillas

- Área libre

$$Ab = \frac{Q}{v} \quad Ec. 11$$

$$Ab = \frac{0,024 \frac{m^3}{s}}{0,57 \frac{m}{s}}$$

$$Ab = 0,042 m^2$$

- Tirante de agua en el canal:

$$h = \frac{Ab}{b}$$

$$h = \frac{0,042 m^2}{0,8 m}$$

$$h = 0,053 m$$

- Área de la sección transversal del flujo

$$At = \frac{Ab (W+e)}{w} \quad EC. 12$$

$$At = \frac{0,042 m^2 (0,025 + 0,010)m}{0,025m}$$

$$At = 0,059 m^2$$

- Altura del canal

$$H = h + h_s \quad Ec. 13$$

$$H = (0,053 + 0,9)m$$

$$H = 0,953m$$

- **Longitud de las barras**

$$Lb = \frac{H}{\text{sen } \varnothing} \quad \text{Ec. 14}$$

$$Lb = \frac{0,953}{\text{sen } 50^\circ}$$

$$Lb = 1,24\text{m}$$

- **Número de barras**

$$n = \frac{b - W}{eb + W} \quad \text{Ec. 15}$$

$$n = \frac{(0,5 - 0,025)m}{(0,010 + 0,025)m}$$

$$n = 14 \text{ barras}$$

- **Longitud sumergida de la barra**

$$dmax = \frac{Q}{v \times b} \quad \text{Ec. 16}$$

$$dmax = \frac{0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,57 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,5\text{m}}$$

$$dmax = 0,102\text{m}$$

- **Longitud sumergida de la barra**

$$Lg = \frac{dmax}{\text{sen } \varnothing} \quad \text{Ec. 17}$$

$$Lg = \frac{0,102\text{m}}{\text{sen } 50^\circ}$$

$$Lg = 0,133 \text{ m}$$

- **Perdida de carga**

$$hc = \beta \times \left(\frac{e}{W}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{v^2}{2g} \times \text{sen } \varnothing \quad \text{Ec. 18}$$

$$hc = 1,79 \times \left(\frac{0,010}{0,025}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{\left(0,57 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2(9,8)} \times \text{sen } 50^\circ$$

$$hc = 0,00674 \text{ m}$$

2.4.5 Cálculo para el diseño del desarenador

- Velocidad de sedimentación**

$$v_s = 0,22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{\phi}{(\eta)^{1/3}} \right) \quad Ec. 19$$

$$Av_s = 0,22 \left(\frac{2.65 - 0.99823}{0.99823} * 981 \right)^{2/3} * \left(\frac{0.02}{(0.010105)^{1/3}} \right)$$

$$v_s = 2.81 \frac{cm}{s} = 0.0281 m/s$$

- Numero de Reynolds (Re):**

$$Re = \frac{v_s * d}{\eta} \quad Ec. 20$$

$$Re = \frac{2.81 cm/s * 0.02}{0.010105 cm^2/s}$$

$$Re = 5.56$$

- Coefficiente de Arrastre**

Se obtiene con el valor del número de Reynolds.

$$CD = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \quad Ec. 21$$

$$CD = \frac{24}{5.56} + \frac{3}{\sqrt{5.56}} + 0,34$$

$$CD = 5.93$$

- Velocidad de sedimentación de la partícula en a zona de transición**

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CD} + (\rho_s - 1) * \phi} \quad Ec. 22$$

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981}{5.93} + (2.65 - 1) * 0.02}$$

$$v_s = 2.11 \frac{cm}{s} = 0.0211 m/s$$

- Velocidad limite o velocidad de arrastre**

$$v_a = 125 [(\rho_s - \rho) \phi]^{1/2} \quad Ec. 23$$

$$v_a = 125 [(2.65 - 0.99823) 0.02]^{1/2}$$

$$v_a = \frac{22.71 cm}{s} = 0.2271 m/s$$

- **Área superficial**

$$A_s = \frac{Q \text{ diseño}}{v_s} \quad \text{Ec. 24}$$

$$A_s = \frac{0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.2271 \text{ m/s}}$$

$$A_s = 0.106 \text{ m}^2$$

- **Área total**

- **Longitud del Desarenador**

$$\frac{LD}{b} = \frac{5}{1} = 5$$

$$LD = 5 * 0.5m$$

$$LD = 2.5m$$

- **Profundidad del Desarenador**

$$\frac{LD}{b} = \frac{1}{1}$$

Despejando:

$$HD = \frac{0.5}{1}$$

$$HD = 0.5m$$

- **Área total**

$$A = LD * b \quad \text{Ec. 25}$$

$$A = 2.5 * 0.5m$$

$$A = 1.25\text{m}^2$$

- **Velocidad horizontal**

$$v_h = \frac{Q \text{ diseño}}{A} \quad \text{Ec. 26}$$

$$v_h = \frac{0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1.25\text{m}^2}$$

$$v_h = 0.0192 \text{ m/s}$$

- **Verificación**

$$v_a > v_h \quad \text{Ec. 27}$$

$$0.2271 > 0.0192$$

- **Tiempo de Retención**

Se calcula el volumen del tanque desarenador con:

$$V = LD * b * HD \quad Ec. 29$$

$$V = 2.5 * 0.5m * 0.5m$$

$$V = 0.625m^3$$

$$tr = \frac{V}{Q \text{ diseño}} \quad Ec. 28$$

$$tr = \frac{0.625m^3}{0,024 \frac{m^3}{s}}$$

$$tr = 26.04 s$$

- **Longitud de Transición al ingreso del desarenador**

$$Lt = \frac{B - b1}{2tg\phi} \quad Ec. 30$$

$$Lt = \frac{(0.5 - 0.18)m}{2tg12.5}$$

$$Lt = 0.72m$$

2.4.6 Cálculo para el diseño del tanque Imhoff

- **Cálculo del área**

$$Ased = \frac{Q}{Cs} \quad Ec. 31$$

$$Ased = \frac{2085,70 \frac{m^3}{\text{día}}}{30 \frac{m^3}{m^2} * \text{día}}$$

$$Ased = 69.52 m^2$$

- **Longitud del tanque**

Despejando de:

$$A = L * b$$

$$L = \frac{As}{b}$$

$$L = \frac{76.6m^2}{5m}$$

$$L = 15.32m$$

- **Cálculo del Volumen del Sedimentador**

$$VS = Q \text{ diseño} * tr \quad Ec. 32$$

$$VS = 2085,70 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.125 \text{ día}$$

$$VS = 260.71 \text{m}^3$$

- **Área de sección transversal**

$$At = \frac{VS}{L}$$

$$At = \frac{260.71 \text{m}^3}{15.32 \text{ m}}$$

$$At = 17.018 \text{m}^2$$

- **Los cálculos siguientes se realizan a partir de las nociones básicas de figuras geométricas: triángulo y rectángulo**

$$As = A.\text{rectángulo} + A.\text{triángulo}$$

$$A.\text{rectángulo} = c * b$$

Donde:

c: altura en la cámara de sedimentación

b: ancho del sedimentador

$$A_{\text{triángulo}} = \frac{bd}{2}$$

- **Para conocer d: altura de la base triangular de la cámara de digestión usamos las funciones trigonométricas para el triángulo rectángulo**

$$\tan \alpha = \frac{d}{b/2} \rightarrow d = \tan \alpha * b/2$$

$$d = \tan 60^\circ * 2.5 \text{m}$$

$$d = 4.3 \text{m}$$

- **Para conocer c:**

$$At = A.\text{recángulo} + A.\text{triángulo} = b * c + \frac{b * d}{2}$$

$$c = \frac{At - \frac{b * d}{2}}{b}$$

$$c = \frac{17.018\text{m}^2 - \frac{5\text{m} * 4.3\text{m}}{2}}{5}$$

$$c = 1.25\text{m}$$

2.4.7. Cálculo para el diseño del Digestor o Cámara de Digestión

- Volumen de la Cámara de Digestión

$$Vd = \frac{70 * P * fcr}{1000} \quad Ec. 34$$

$$Vd = \frac{70 \frac{L}{hab * año} * 3906 \text{ hab} * 1}{1000}$$

$$Vd = 273.42 \text{ m}^3$$

2.4.8 Cálculo del lecho de secado

- Relación en gramos de sólidos suspendidos:

$$16 \text{ SS} \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1}{3906 \text{ hab}} * 2085,70 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ L}}{1\text{m}^3} * \frac{1\text{g}}{1000 \text{ mg}} = 8,54 \text{gSS/hab} * \text{dia}$$

- Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$C = \frac{Pf * C_{pc}}{1000g} \quad Ec. 35$$

$$C = \frac{6482,34 \text{ hab} * \frac{8,54\text{gSS}}{\text{hab}} * \text{dia} * \text{kg}}{1000g}$$

$$C = 55,36 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad Ec. 36$$

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 55,36 \text{ KgSS/hab} * \text{dia})$$

$$+ (0,5 * 0,3 * 55,36 \text{ KgSS/hab} * \text{dia})$$

$$M_{sd} = 19,38 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ solidos}}{100}\right)} \quad Ec. 37$$

$$V_{ld} = \frac{19,38 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}}{1,04 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * \left(\frac{10\%}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 186,35 \text{ L/dia}$$

- **Volumen a extraerse del tanque**

$$V_{et} = \frac{V_{ld} * T}{1000} \quad Ec. 38$$

$$V_{et} = \frac{186,35 \frac{\text{L}}{\text{dia}} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$V_{et} = 10,25 \text{ L}$$

- **Área del lecho de secado**

$$A_{ls} = \frac{V_{et}}{H_{al}} \quad Ec. 39$$

$$A_{ls} = \frac{10,25 \text{ m}^3}{0,4 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 25,62 \text{ m}^2$$

- **Para obtener el área del lecho de secado, nos queda:**

$$A_{lsind} = \frac{25,62 \text{ m}^2}{4}$$

$$A_{lsind} = 6,41 \text{ m}^2$$

2.4.9. Calculo para el diseño del FAFA

- **Volumen del filtro**

$$V_f = Q_{\text{diseño}} * tr \quad Ec. 40$$

El caudal debe ser dividido para 5 para obtener unidades que cumpla con las dimensiones recomendadas; reemplazando:

$$V_f = \frac{Q_{\text{diseño}}}{5} * tr$$

$$Vf = \frac{2085,70 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{5} * 0.125 \text{ día}$$

$$Vf = 52.14 \text{ m}^3$$

- **Área del filtro**

$$Af = \frac{Vf}{Hu} \quad Ec. 41$$

$$Af = \frac{52.14 \text{ m}^3}{1.8 \text{ m}}$$

$$Af = 28.97 \text{ m}^2$$

- **Longitud del filtro**

$$A = L * b \rightarrow L = \frac{A}{b} \quad Ec. 42$$

$$L = \frac{28.97 \text{ m}^2}{4}$$

$$L = 7.24 \text{ m} \cong 7 \text{ m}$$

- **Profundidad Total del Filtro**

Se requiere adicionar una altura para la acumulación de los gases producidos en la digestión por lo que:

$$Htf = Hu + 0.30 \quad Ec. 43$$

$$Htf = 1.80 + 0.30$$

$$Htf = 2.1 \text{ m}$$

2.4.10. Cálculo para determinar la remoción de sólidos suspendidos, DBO₅, DQO y Coliformes Fecales.

- **TANQUES IMHOFF**

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 50%, se considera una remoción teórica del 50% para los dos parámetros. En cuanto a la DBO durante la digestión anaerobia el 90% de esta se transforma en CH₄, y el resto en lodo insoluble; sin embargo se considera un valor teórico de remoción del 50%.

Los aceites y grasas se acumularán en la cámara de natas del tanque Imhoff se asume una remoción del 90%.

- **Remoción de la DBO₅**

$$DBO_5 \text{ efluente TI} = (120 - (0.50 * 120)) \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 \text{ efluente TI} = 60 \frac{mg}{L}$$

- **Remoción de los Sólidos Suspendidos**

$$SS \text{ efluente TI} = (16 - (0.50 * 16)) \frac{mg}{L}$$

$$SS \text{ efluente TI} = 8 \frac{mg}{L}$$

- **Remoción de la DQO**

$$DQO \text{ efluente TI} = (182 - (0.50 * 182)) \frac{mg}{L}$$

$$DQO \text{ efluente TI} = 91 \frac{mg}{L}$$

- **Remoción de Aceites y Grasas**

$$AyG \text{ efluente TI} = (10 - (0.50 * 10)) \frac{mg}{L}$$

$$AyG \text{ efluente TI} = 5 \frac{mg}{L}$$

- **FILTROS ANAEROBIOS**

Según la RAS 2000. Título E la eficiencia de remoción en el FAFA para la DBO₅, es de 65 – 80%, para los SS es de 60 – 70%; en cuanto a la DQO el valor varia de 60 - 70%; se asume un valor teórico de 65% para la DBO₅, de 60% para los SS, y de 60% para la DQO.

- **Remoción de la DBO₅**

$$DBO_5 \text{ efluente FAFA} = (60 - (0.65 * 60)) \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 \text{ efluente FAFA} = 21 \frac{mg}{L}$$

- **Remoción de la Sólidos Suspendidos**

$$SS \text{ efluente FAFA} = (8 - (0.65 * 8)) \frac{mg}{L}$$

$$SS \text{ efluente FAFA} = 2.8 \frac{mg}{L}$$

- **Remoción de la DQO**

$$DQO \text{ efluente FAFA} = (91 - (0.65 * 91)) \frac{mg}{L}$$

$$DQO \text{ efluente FAFA} = 31.85 \frac{mg}{L}$$

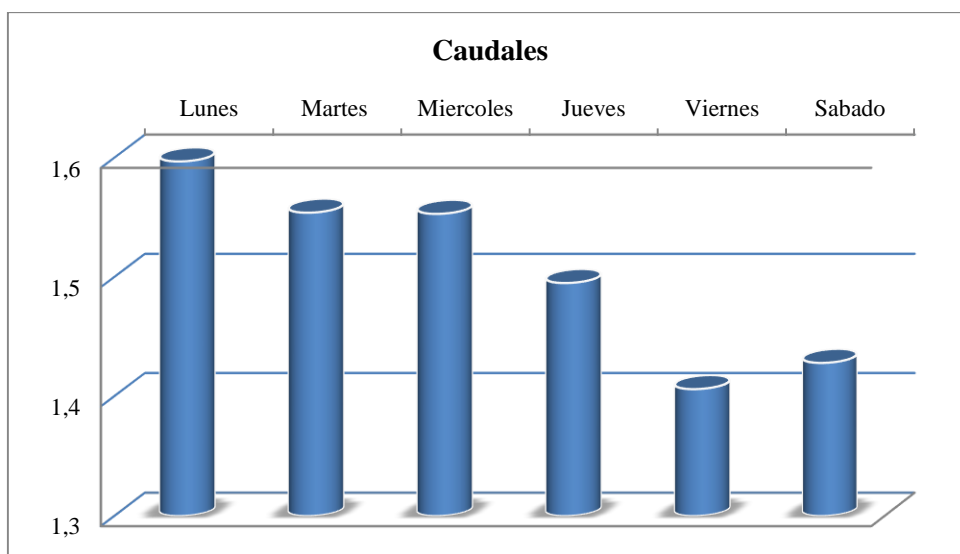
CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1 Resultados de la medición de caudales

A continuación se presenta una tabla con los valores medidos en el proceso de un sistema de tratamiento para A.R. en la zona de descarga del alcantarillado en el cantón Santa Clara, que al finalizar el recorrido del afluente se mezcla en el río Llandía y posteriormente forma el río Anzú, del cual se sirven los pobladores aledaños para realizar muchas actividades de índole personal. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.

La gráfica que se indica a continuación está basada en la Tabla 32-2: Promedio de los caudales semanales.



Gráfica 2-3: Caudales semanales

Elaborado por: Chamba, C., 2016

La tabla 37-2 junto con la Gráfica. 13-3 muestran los caudales obtenidos durante una semana en un horario establecido desde 8:00am a 18:00pm otorgando el siguiente resultado con mayor grado de contaminación:

- Un caudal máximo de 1,597 L/s, durante el día lunes.

Para el diseño de la planta de tratamiento se utilizó el caudal máximo que corresponde al día lunes porque existe la mayor cantidad de afluente y por consecuencia la mayor cantidad de desechos contaminantes.

3.2 Resultados de la población de diseño

Con la tasa de crecimiento de 3% y con un periodo de crecimiento para 25 años se tiene:

Tabla 33-3: Resultado del cálculo para población de diseño

Parámetro	Datos
Pf	6482 hab.

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.3 Resultados del caudal de diseño

Tabla 34-3: Resultado de caudales de diseño

Parámetro	Resultado (L/s)
Caudal medio	1,86
Caudal de infiltración	8,90
Caudal de conexiones erradas	9,40
Caudal de diseño	24,14

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento para A.R.

3.4.1 Resultados del cálculo para canal

Tabla 35-3: Resultados del cálculo para canal

Parámetro	Datos y Resultados
Base	0,5 m
Altura	0,8 m
Área	0,4 m ²
Radio hidráulico	0,19 m
velocidad	0,57m/s

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4.2 Resultados del cálculo para rejillas

Tabla 36-3: Resultados del cálculo para rejillas

Parámetro	Dimensión
Área libre	0,042 m ²
Tirante de agua	0,053 m
Área de sección transversal	0,059 m ²
Altura del canal	0,953 m
Longitud de barras	1,24 m
Número de barras	14
Longitud sumergida de la barra	0,102 m
Perdida de carga de la barra	0,00674 m

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4.3 Resultado del cálculo para el diseño del desarenador

Tabla 37-3: Resultados del cálculo para el desarenador

Parámetro	Dimensión
Ancho del tanque desarenador	0,5m
Profundidad del tanque desarenador	0,5m
Longitud del tanque desarenador	2,5m
Longitud de transición al ingreso al desarenador	0,72m

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4.4 Resultado del cálculo para el diseño del tanque Imhoff

Tabla 38-3: Resultado de los cálculos para el diseño del tanque Imhoff

Parámetro	Dimensión
Cámara de sedimentación	
Ancho del sedimentador	5m
Altura de la cámara de sedimentación	1,25m
Altura sobre el baffle de espumas	0,45
Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación	4,3m
Abertura de las ranuras	0,3m
Cámara de digestión	
Espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión	0,5m
Altura de la cámara de digestión	1,43m

Altura de la base triangular de la cámara de digestión	1,79m
Ancho en la zona de salida de gases	0,60m
Parámetros totales del tanque Imhoff	
Ancho del tanque	6,20m
Profundidad del tanque	10,07m
Longitud del tanque	15,32m

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4.5 Resultado del cálculo para el diseño del Lecho de Secado

Tabla 39-3: Resultado del cálculo para el diseño del Lecho de Secado

Parámetro	Dimensión
Carga de sólidos en el sedimentador	55,36 kgSS/hab*día
Masa de sólidos que conforman el lodo	19,38 kgSS/hab*día
Volumen de lodos digeridos	186,35 L/día
Volumen a extraerse del tanque	10,25 L
Área del lecho de secado	25,62 m ²
Numero de secadores	4
Área Individual	6,4 m ²

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.4.6 Resultado del cálculo para el diseño de Filtros Anaerobios

El tanque de desinfección se dimensiona tomando en cuenta las consideraciones de los caudales tratados.

Tabla 40-3: Resultado del cálculo para el diseño de Filtros Anaerobios

Parámetro	Dimensión
Ancho del filtro	4m
Longitud del filtro	7m
Altura total del filtro	2,1m
Profundidad útil	1,8m
Altura del falso fondo	0,30m
Altura del medio de soporte	1,20m
Altura de salida del efluente	0,30m
Altura para acumulación de gases	0,30m

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.5 Resultados del análisis físico-químicos y microbiológicos

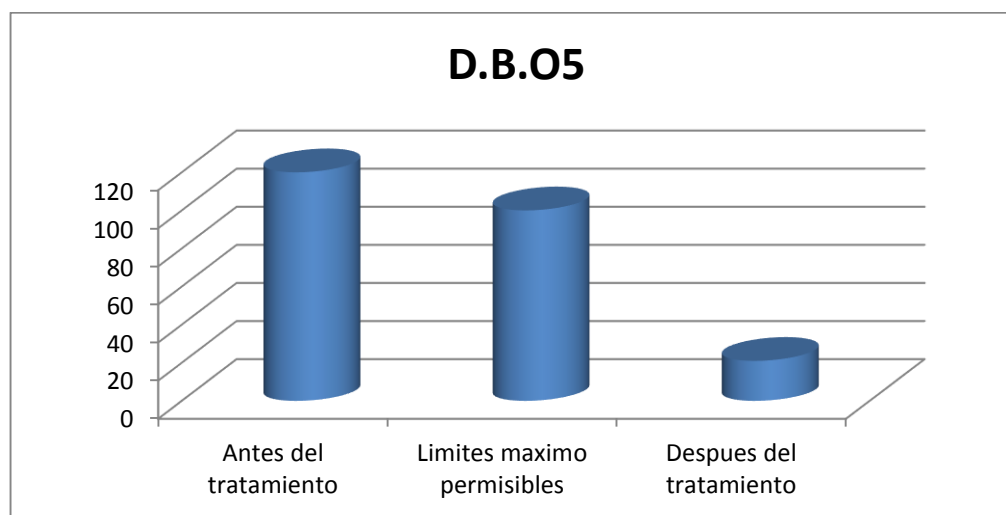
Tabla 41-3: Resultados de los análisis físico-químico y microbiológicos

Parámetros	Expresado como:	Unidad	*Antes del tratamiento	**límites máximo permisibles	*Después del tratamiento
*Turbiedad		FTU-NTU	5,81		2,03
*Sólidos Suspendidos		mg/L	16	100	2
*Aceites y Grasas		mg/L	10	0.3	0,2
*Detergentes		mg/L	0,21	0,5	0,10
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mgO ₂ /L	120	100	27
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	182	250	38
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	UFC/100ml	2800	Remoción > al 99%	Ausencia

Fuente: *Laboratorio UNACH, **Anexo1-Tabla 12 TULSMA

Elaborado por: Chamba, C., 2016

3.5.1 Disminución de D.B.O₅



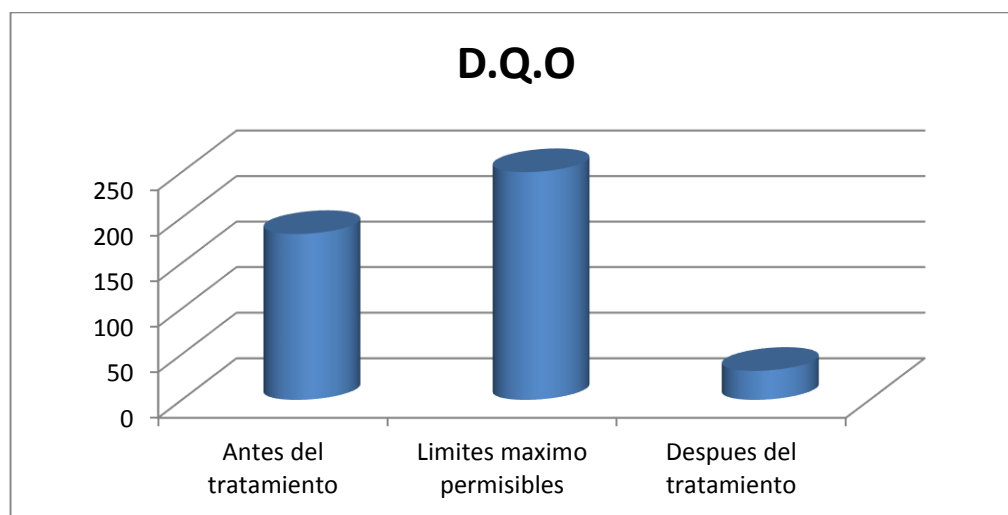
Gráfica 3-3: D.B.O₅; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

En la gráfica 3-3 se muestra la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días, la gráfica nos enseña que las aguas muestreadas tienen 120 mgO₂/L; encontrando contaminación al comparar con las tablas del TULSMA que detalla un valor permisible de 100 mgO₂/L como valor máximo para la descarga de aguas residuales a una vertiente de agua dulce.

El valor después de realizar una simulación de tratamiento en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo es de 21 mgO₂/L como se indica en la ilustración, permitiendo tener una idea clara de que los contaminantes se pueden disminuir de una manera satisfactoria al implementar una planta de tratamiento.

3.5.2 Disminución de D.Q.O

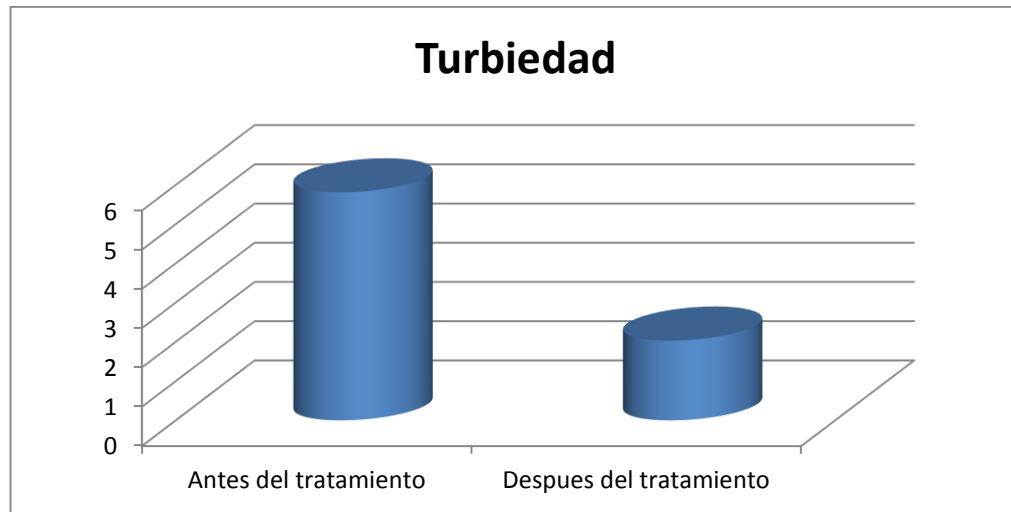


Gráfica 4-3: D.Q.O.; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

La gráfica 4-3 muestra valores pertenecientes al análisis de la Demanda Química de Oxígeno, esta gráfica enseña que las aguas muestreadas tienen 182 mgO₂/L, valor que se encuentra por debajo del límite permisible de 250 mgO₂/L, dicho límite detallado en las tablas del TULSMA para la descarga de aguas residuales a una vertiente de agua dulce. El valor después de realizar una simulación de tratamiento en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo es de 31,85 mgO₂/L, disminuyendo considerablemente la contaminación generada como se indica en la ilustración y permitiendo tener una idea clara de que es favorable implementar una planta de tratamiento.

3.5.3 Disminución de la turbiedad

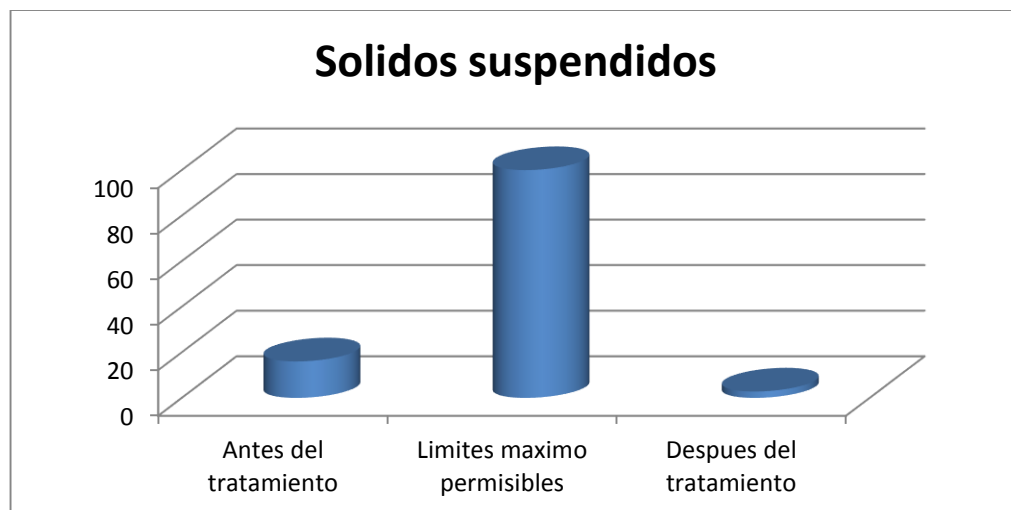


Gráfica 5-3: Turbiedad; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

La gráfica 5-3 muestra valores pertenecientes al análisis de la Turbiedad, esta gráfica enseña que las aguas muestreadas tienen 5,81 NTU antes de la simulación de un proceso de tratamiento. El valor después de la simulación es de 2,03 NTU, disminuyendo considerablemente la contaminación generada y permitiendo tener una idea clara de que es favorable implementar una planta de tratamiento.

3.5.4 Disminución de sólidos suspendidos

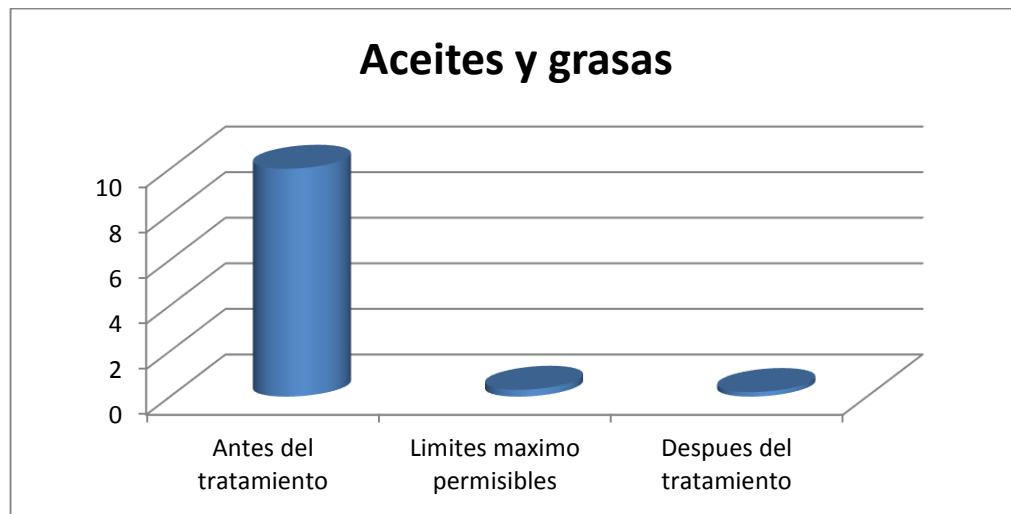


Gráfica 6-3: Sólidos suspendidos; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

La gráfica 6-3 muestra valores pertenecientes al análisis de Sólidos Suspendidos, esta gráfica enseña que las aguas muestreadas tienen 16 mg/L de sólidos suspendidos, valor que al ser comparado con los límites permisibles no se considera de mucha contaminación porque el valor máximo es de 100 mg/L, sin embargo se ha realizado la simulación de tratamiento para poder eliminar la contaminación existente y comprobar que es pertinente implementar el diseño de la planta de tratamiento obteniendo al final 2,8 mg/L.

3.5.5 Disminución de aceites y grasas

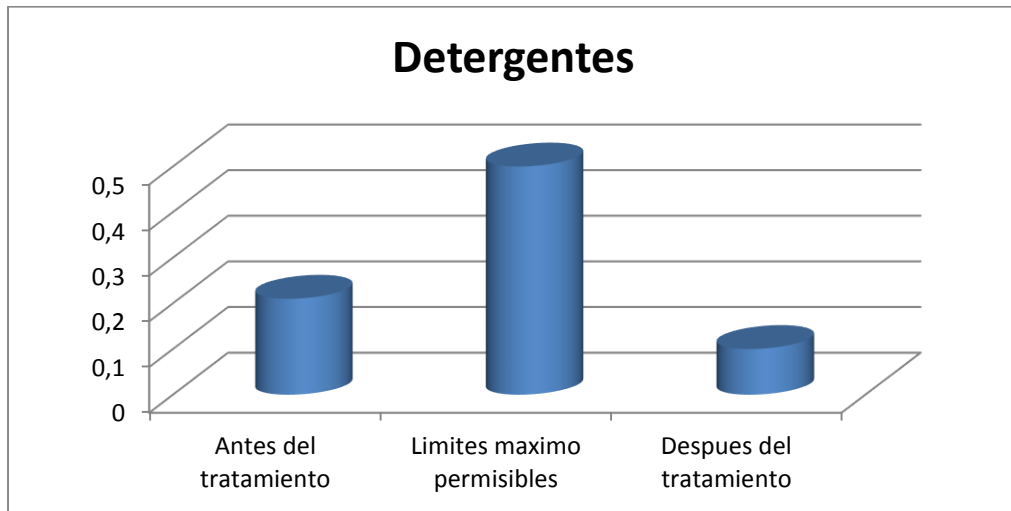


Gráfica 7-3: Aceites y Grasas; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

La gráfica 7-3 muestra valores pertenecientes al análisis de aceites y grasas, esta gráfica enseña que las aguas muestreadas tienen 10 mg/L de aceites y grasas, valor que al ser comparado con los límites permisibles de la tabla TULSMA se considera de mucha contaminación porque el valor máximo es de 0,3 mg/L, por tal motivo se ha realizado la simulación de un tratamiento para poder eliminar la contaminación existente en un alto porcentaje y comprobar que es pertinente implementar el diseño de la planta de tratamiento obteniendo al final un resultado de 5 mg/L.

3.5.6 Disminución de detergentes

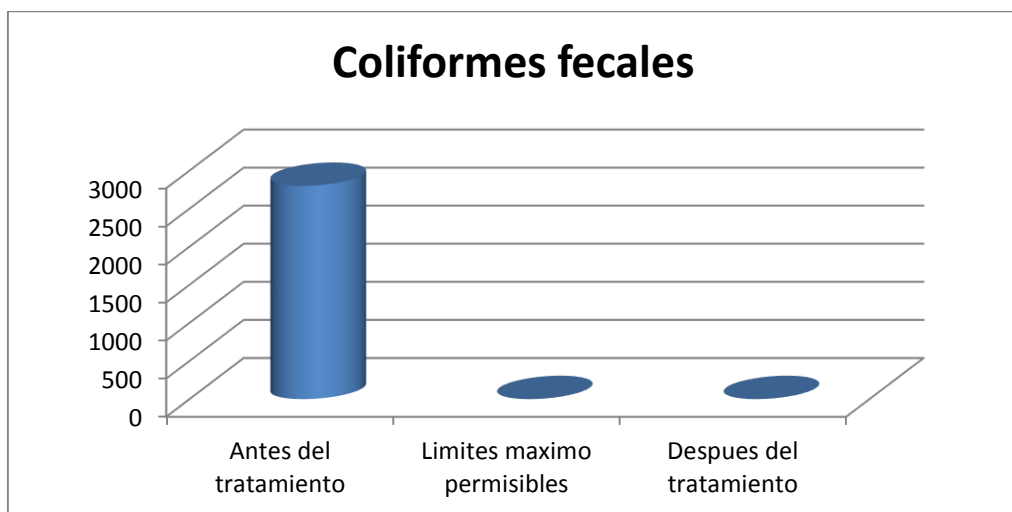


Gráfica 8-3: Detergentes; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

La gráfica 8-3 muestra valores pertenecientes al análisis de detergentes, esta gráfica enseña que las aguas muestreadas tienen 0,21 mg/L de detergente, valor que al ser comparado con los límites permisibles no se considera de mucha contaminación porque el valor máximo es de 0,50 mg/L, sin embargo se ha realizado la simulación de tratamiento para poder eliminar la contaminación existente y comprobar que es pertinente implementar el diseño de la planta de tratamiento obteniendo al final 0,10 mg/L.

3.5.7 Disminución de coliformes fecales



Gráfica 9-3: Coliformes Fecales; Antes y Después del Tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

En la gráfica 9-3 se muestra la remoción de coliformes fecales en comparación a la cantidad obtenida de este contaminante en el agua muestreada, la remoción debe ser mayor a un 99% según los parámetros establecidos por el TULSMA para la descarga de aguas residuales a una vertiente de agua dulce y basándose en esta ley la simulación del tratamiento fue satisfactoria porque existe ausencia de este contaminante.

3.6 Análisis y discusión de resultados

La planta de tratamiento que se diseña tiene una proyección de funcionalidad para 25 años y tomando una tasa de crecimiento al 3%, se obtiene un valor aproximado para 6482 habitantes como población futura. Se debe instalar una nueva tubería con diámetro igual a 600mm que desemboque en un pozo con las siguientes dimensiones: 0,60m de base; 1,425m de altura para posteriormente entrar a una caja distribuidora de 2,60m en base y 1m de altura porque las instalaciones que actualmente posee se encuentran en malas condiciones. El cuerpo receptor de las A.R. no debe tener acumulación, por tal motivo se diseña un canal basado en un caudal de 24,14 L/s, velocidad que se necesita como entrada a la planta de tratamiento; las dimensiones del canal son las siguientes: 0,5m de base; 0,8m de altura, 0,4 como área y un radio hidráulico de 0,19m. Antes de que el afluente pase al tratamiento se debe instalar rejillas para retener sólidos de gran tamaño, el número de barras que se plantea es de 14 con una longitud de 1,24m y un área libre igual a $0,042\text{m}^2$ para un tirante de agua con un valor de 0,053m y una sección transversal de $0,059\text{m}^2$. Al final del pre-tratamiento se diseña un desarenador que tiene las siguientes dimensiones: 0,5m de ancho; 0,5m de profundidad; 2,5m como longitud del tanque y una longitud de transición de 0,72m al ingreso del desarenador.

La sedimentación primaria se realizara en un tanque imhoff que consta de una cámara de sedimentación y una cámara de digestión que poseen las siguientes dimensiones: ancho de sedimentador de 5 m; altura de la cámara de sedimentación igual 1,25m; altura sobre el baffle de espumas igual a 0,45; altura de la base triangular de la cámara de sedimentación igual a 4,3m y una abertura de las ranuras de 0,3m. La cámara de digestión tiene las siguientes dimensiones: un espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión igual a 0,5m; una altura de la cámara de digestión de 1,43m; altura de la base triangular de la cámara de digestión igual a 1,79m; altura en la zona de salida de gases igual a 0,60m. Los parámetros totales del tanque imhoff son: ancho del tanque: 6,20m; profundidad: 10,07m; longitud: 15,32m. Como operación unitaria

posterior se presenta un lecho de secado que consta de las siguientes dimensiones: carga de sólidos en el sedimentador: 55,36 kgSS/hab*día; masa de sólidos que conforman el lodo: 19,38 kgSS/hab*día; volumen de lodos digeridos:186,35L/día, volumen a extraerse de 10,25L; área del lecho de secado:25,62 m² y 4 secadores con una área individual de 6,4 m². Finalmente se diseña un filtro anaerobio con las siguientes dimensiones: ancho del filtro: 4m; longitud del filtro: 7m; altura total del filtro: 2,1m; profundidad útil: 1,8m; altura del falso fondo: 0,30m; altura del medio de soporte; 1,20m; altura de salida del efluente; 0,30m y una altura para acumulación de gases igual a 0,30m.

Las aguas muestreadas en la desembocadura del alcantarillado del GAD Municipal de Santa Clara presenta: DBO de 120 mgO₂/L, DQO igual a 182 mg/L, turbiedad de 5,81 NTU, sólidos suspendidos en 16 mg/L, aceites y grasas con un valor de 10 mg/L, detergentes en una cantidad de 0,21 mg/L y 2800 coliformes fecales; valores que al ser comparados con los límites permisibles de la tabla del TULSMA se consideran de mucha contaminación al ser vertidos a una vertiente de agua dulce. Por esta razón en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo por conveniencia económica se realizó una simulación de un proceso de tratamiento obteniendo los siguientes valores: DBO de 21 mgO₂/L, DQO igual a 31,85 mg/L, turbiedad de 2,03 NTU, sólidos suspendidos en 2,8 mg/L, aceites y grasas con un valor de 5 mg/L, detergentes en una cantidad de 0,10 mg/L y ausencia en coliformes fecales dándonos una idea clara de que los contaminantes se pueden disminuir de una manera satisfactoria al implementar una planta de tratamiento.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN SANTA CLARA-PROVINCIA DE PASTAZA

La propuesta del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales toma en cuenta que el agua cumpla con la normativa del TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 12 que proporciona los límites de descarga de aguas a un cuerpo dulce, en nuestro caso para el río Llandía del cantón Santa Clara y para uso de cantones, parroquias y pueblos aledaños a dicho cantón.

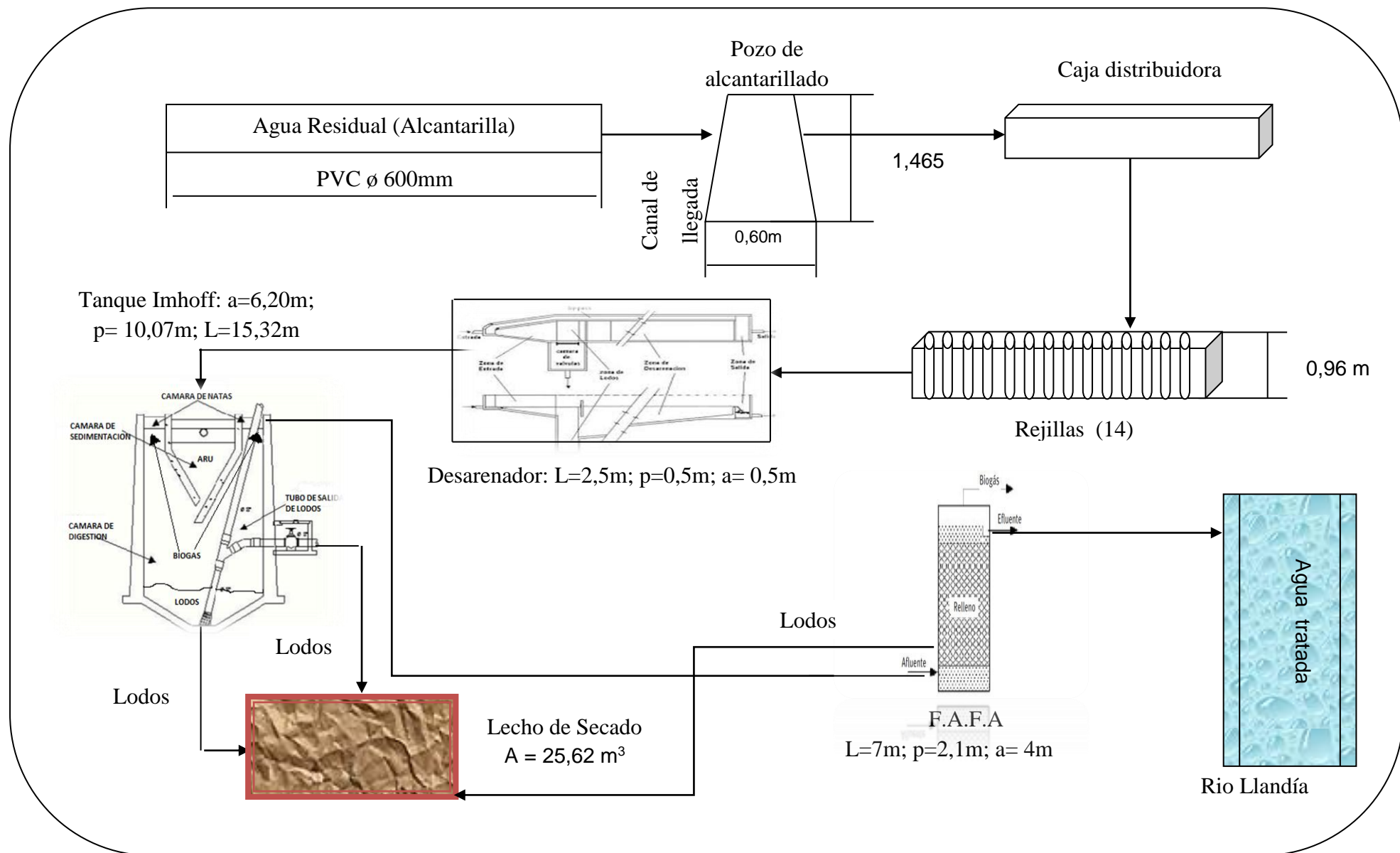


Figura 12-3: Propuesta del diseño de la planta de tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

4.1 Pre-tratamiento

4.1.1 Proyección

La planta de tratamiento que se diseña tiene una proyección de funcionalidad para 25 años tomando una tasa de crecimiento al 3%, obteniendo un valor aproximado para 6482 habitantes como población futura que utilizara este sistema de tratamiento.

El efluente proviene del alcantarillado Municipal con tubería de material PVC en malas condiciones, por lo cual se propone instalar una nueva tubería con diámetro igual a 600mm que desemboque en un pozo con las siguientes dimensiones: 0,60m de base; 1,425m de altura para posteriormente entrar a una caja distribuidora de 2,60m en base y 1m de altura.

4.1.2 Cuerpo receptor

El cuerpo receptor de las A.R. no debe tener acumulación, por tal motivo se diseña un canal basado en un caudal de 24,14 L/s, velocidad que se necesita como entrada a la planta de tratamiento; las dimensiones del canal son las siguientes: 0,5m de base; 0,8m de altura, 0,4 como área y un radio hidráulico de 0,19m.

4.1.3 Rejillas

Antes de que el afluente pase al tratamiento se debe instalar rejillas para retener sólidos de gran tamaño, el número de barras que se plantea es de 14 con una longitud de 1,24m y un área libre igual a $0,042\text{m}^2$ para un tirante de agua con un valor de 0,053m y una sección transversal de $0,059\text{m}^2$.

4.1.4 Desarenador

Al final del pre-tratamiento se diseña un desarenador que tiene las siguientes dimensiones: 0,5m de ancho; 0,5m de profundidad; 2,5m como longitud del tanque y una longitud de transición de 0,72m al ingreso del desarenador.

4.2 Tanque Imhoff

La sedimentación primaria se realizara en un tanque imhoff que consta de una cámara de sedimentación y una cámara de digestión que poseen las siguientes dimensiones: ancho de sedimentador de 5 m; altura de la cámara de sedimentación igual 1,25m; altura sobre el baffle de espumas igual a 0,45; altura de la base triangular de la cámara de sedimentación igual a 4,3m y una abertura de las ranuras de 0,3m. La cámara de digestión tiene las siguientes dimensiones: un espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión igual a 0,5m; una altura de la cámara de digestión de 1,43m; altura de la base triangular de la cámara de digestión igual a 1,79m; altura en la zona de salida de gases igual a 0,60m. Los parámetros totales del tanque imhoff son: ancho del tanque: 6,20m; profundidad: 10,07m; longitud: 15,32m.

4.3 Lecho de Secado

Como operación unitaria posterior se presenta un lecho de secado que consta de las siguientes dimensiones: carga de sólidos en el sedimentador: 55,36 kgSS/hab*día; masa de sólidos que conforman el lodo: 19,38 kgSS/hab*día; volumen de lodos digeridos: 186,35L/día, volumen a extraerse de 10,25L; área del lecho de secado: 25,62 m² y 4 secadores con una área individual de 6,4 m².

4.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Finalmente se diseña un filtro anaerobio con las siguientes dimensiones: ancho del filtro: 4m; longitud del filtro: 7m; altura total del filtro: 2,1m; profundidad útil: 1,8m; altura del falso fondo: 0,30m; altura del medio de soporte; 1,20m; altura de salida del efluente; 0,30m y una altura para acumulación de gases igual a 0,30m.

4.5 Área de implementación de la planta de tratamiento

El área total requerida para la implementación de la planta de tratamiento es de 12950,12m² y se encuentra delimitada de la siguiente forma:

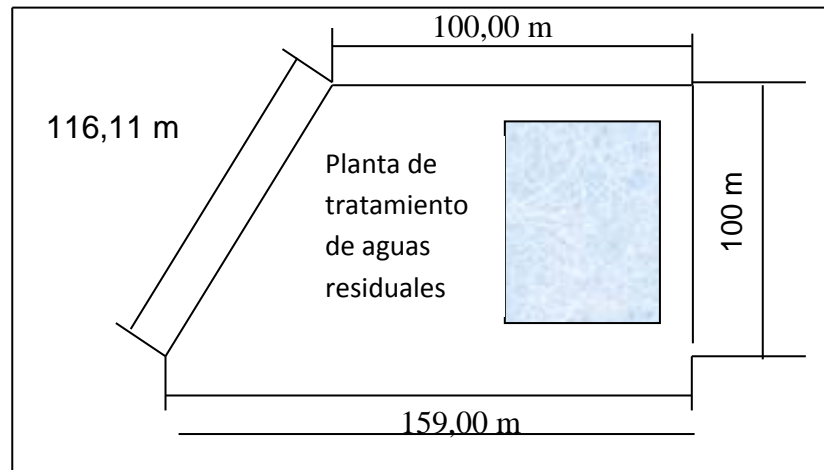


Figura 13-3: Área de instalación estructural de la planta de tratamiento

Fuente: Chamba, C., 2016

CONCLUSIONES

- El diagnóstico del estado actual de las aguas residuales que son vertidas desde el alcantarillado del Cantón Santa Clara permitió determinar que se genera contaminación al río Llandía, no cumpliendo con las normas TULSMA “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Libro VI, anexo I, tabla 12)”.
- Las caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas determinaron los parámetros que se encuentran fuera de la norma, como son: agua de color amarillenta y con poca tonalidad café de un olor característico a azufre; turbiedad 5,81 FTU-NTU, DBO₅ 120mg/L, aceites y grasas 10mg/L y microbiológicos como: coliformes fecales 2800 UFC/100ml, es decir estos parámetros sobrepasan de la norma establecida, provocando contaminación y un peligro para las poblaciones que utilizan este efluente.
- Las variables de proceso que se utilizaron para el diseño son: el caudal máximo diario que desemboca del alcantarillado, la dotación, un factor de mayorización, la población actual del Cantón, la temperatura y la viscosidad para determinar el gradiente de velocidad la cinemática del fluido.
- El dimensionamiento de la planta de tratamiento está basado en cálculos ingenieriles y consta de un canal de llegada con las siguientes dimensiones : $b=0,5\text{m}$, $h=0,8\text{m}$, $A=0,4\text{m}^2$, $rh=0,19$, este canal llega a un sistema de 14 rejillas de longitud igual a 1,24m; Al final del pre-tratamiento se diseña un desarenador que tiene las siguientes dimensiones: 0,5m de ancho; 0,5m de profundidad; 2,5m como longitud del tanque y una longitud de transición de 0,72m al ingreso del desarenador. La sedimentación primaria se realizara en un tanque imhoff que consta de una cámara de sedimentación y una cámara de digestión que poseen las siguientes dimensiones: ancho de sedimentador de 5 m; altura de la cámara de sedimentación igual 1,25m; altura sobre el bafle de espumas igual a 0,45; altura de la base triangular de la cámara de sedimentación igual a 4,3m y una abertura de las ranuras de 0,3m. La cámara de digestión tiene las siguientes dimensiones: un espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión igual a 0,5m;

una altura de la cámara de digestión de 1,43m; altura de la base triangular de la cámara de digestión igual a 1,79m; altura en la zona de salida de gases igual a 0,60m. Los parámetros totales del tanque imhoff son: ancho del tanque: 6,20m; profundidad: 10,07m; longitud: 15,32m. Como operación unitaria posterior se presenta un lecho de secado que consta de las siguientes dimensiones: carga de sólidos en el sedimentador: 55,36 kgSS/hab*día; masa de sólidos que conforman el lodo: 19,38 kgSS/hab*día; volumen de lodos digeridos: 186,35L/día, volumen a extraerse de 10,25L; área del lecho de secado: 25,62 m² y 4 secadores con una área individual de 6,4 m². Finalmente se diseña un filtro anaerobio con las siguientes dimensiones: ancho del filtro: 4m; longitud del filtro: 7m; altura total del filtro: 2,1m; profundidad útil: 1,8m; altura del falso fondo: 0,30m; altura del medio de soporte; 1,20m; altura de salida del efluente; 0,30m y una altura para acumulación de gases igual a 0,30m.

- El dimensionamiento y los planos correspondientes a la planta de tratamiento se realizaron de acuerdo a los parámetros calculados y a la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales muestreadas en la desembocadura del alcantarillado del Cantón Santa Clara – Provincia de Pastaza y se especifican en la sección Anexos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Clara implementar la planta de tratamiento de aguas residuales para el eliminar la contaminación que se está generando al río Llandía.
- Los caudales deben ser calculados muestreando las aguas residuales días antes de empezar la construcción de la planta propuesta para comprobar que los caudales no tengan una variación considerable.
- Se sugiere que el operador de la planta de tratamiento tenga conocimiento del diseño de la planta, para que pueda alternar las secciones de los lechos de secado y difusores en el momento que sea necesario, y verifique los parámetros de cada material que se va utilizar en los tratamientos.
- Se recomienda cambiar totalmente la tubería de alcantarillado para que no se produzca taponamientos y el caudal de las Aguas Residuales se encuentre en el intervalo calculado.
- El mantenimiento de la planta de tratamiento debe realizarse de acuerdo al tiempo de 55 días para que no exista la presencia de microorganismos que disminuyan la eficiencia de la DBO₅, debido a que en la región oriental existe un clima húmedo, se debe tener muy en cuenta esta recomendación ya que los microorganismo en estas condiciones crecen de una manera más rápida y alargan su periodo de vida.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ **AGUAS DE PROCESO Y RESIDUALES.,** *Sistema de lodos activados / Demanda Bioquímica de Oxígeno / Tensoactivos / Parámetros bacteriológicos.* Riobamba/Chimborazo. [Consulta: 14 agosto 2015]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales+AIREACION&hl=es&sa=X&ved=0CC4Q6AEwAGoVChMIkqr_taSkyAIVBSceCh2L5Qez#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20AIREACION&f=false
- ✓ **ALLENDE., A.,** *Manual de tratamiento de aguas residuales.,* 2ª ed., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría., La Habana – Cuba., 1994., pp. 200- 246.
- ✓ **BATERO., Y., & CRUZ., E.,** Evaluación de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFAs) con medio de soporte en gradúa para la remoción de materia orgánica de un agua residual sintética., Universidad Tecnológica de Pereira., Facultad de Ciencias Tecnológicas., Escuela de Tecnología Química, Risaralda-Colombia., 2007. Pp 12-13
- ✓ **CRITES., R., & TCHOBANOGLIOUS., G.,** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.,* 3ª ed., Bogotá – Colombia., McGraw Hill., 2000., pp. 21, 33, 42-44, 46-48.
- ✓ **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.,** Texto Unificado de Legislación Ambiental., 2 a ed., Quito – Ecuador., pp. 330 - 333
- ✓ **ECUADOR., SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL., ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS.,** Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes., Décima Parte (X)., Quito – Ecuador., 1992., pp. 344 – 345 – 346

- ✓ **GADM SANTA CLARA.** *Antecedentes. Santa Clara /Pastaza.* [Consulta: 21 agosto 2015] Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/snlink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0660001680001/PDyOT/19062013_123409_PDOT%20Chambo%20Consolidado%20Final%20\(Sin%20fotos\)2.pdf](http://app.sni.gob.ec/snlink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0660001680001/PDyOT/19062013_123409_PDOT%20Chambo%20Consolidado%20Final%20(Sin%20fotos)2.pdf)

- ✓ **METCALF., & EDDY.,** Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización., 3ª ed., Madrid – España., McGraw-Hill., 1995., pp. 95-102, 508 – 515, 538– 551, 555 – 557, 605 – 682.

- ✓ **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, CENTRO INTERAMERICANO.,** Guía para el Diseño de Tanques Sépticos: Imhoff y lagunas de estabilización., Lima-Perú., 2005. 14-20.

- ✓ **RODRIGUEZ., M.,** Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el cantón Chambo., Ing. Química., Facultad de Ciencias., Escuela de Ing. Química., Tesis de Grado., Riobamba-Ecuador., 2015.Pp. 78-88

- ✓ **ROMERO., J.,** Tratamiento de Aguas Residuales., 3ª ed., Bogotá – Colombia., Alfa omega., 2002., pp. 67 – 71 – 74 – 223 – 706 – 707.

- ✓ **ROJAS., R.,** Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales., CEPIS/OPS – OMS. Curso internacional: “Gestión integral de tratamiento de aguas residuales”., 3ª ed., Lima – Perú., Pp. 19-35

ANEXO A. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE (TULSMA Libro VI, Anexo I, Tabla 12)

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehidos		mg/l	2.0
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0.1
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		⁸ Remoción > al 99.9%
Color real	Color real	Unidades de color	[*] Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D. B. O ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D. Q. O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1.0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos Totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0
Vanadio		mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	5.0

⁸Aquellos regulados con descarga de coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.

^{*}La apreciación del color se estima sobre 10cm de muestra diluida.

Continuación ...

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA		
TULSMA Libro VI, Tabla 12 Límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA CHAMBA CRISTIAN	Lamina	Escala	Fecha

ANEXO B. NTE INEN 2176:1998



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 91.06-203
CDE: 614.777.503.113
CDE: 42.403.4200
ICS: 13.060.01

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA		
Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Calidad de agua.	<input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA CHAMBA CRISTIAN	Lamina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por eliminar				
	<input type="checkbox"/> Para información				
	<input type="checkbox"/> Para archivar				
	<input type="checkbox"/> Certificado				

ANEXO C. Informe de analisis de la caracterizacion del agua residual antes y despues de tratar



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Subsistema de ensayo acreditado por el GAB con acreditación No. 01AF-LE-C-13-004



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Cristian Chantua

EMPRESA: Proyecto de Tasa ESPOCH

DIRECCIÓN: Tena

TELÉFONO: 088515251

NÚMERO DE MUESTRAS: 1

IDENTIFICACIÓN: MA - 345-18

TIPO DE MUESTRA: Agua

FECHA DE RECEPCIÓN: 12 - 04 - 18

FECHA DE INFORME: 20 - 04 - 18

RESULTADO DE ANALISIS:

MA - 345-18

INFORME Nº: 023 - 18

Nº SE: 023 - 18

FECHA DE RECEPCIÓN: 12 - 04 - 18

FECHA DE INFORME: 20 - 04 - 18

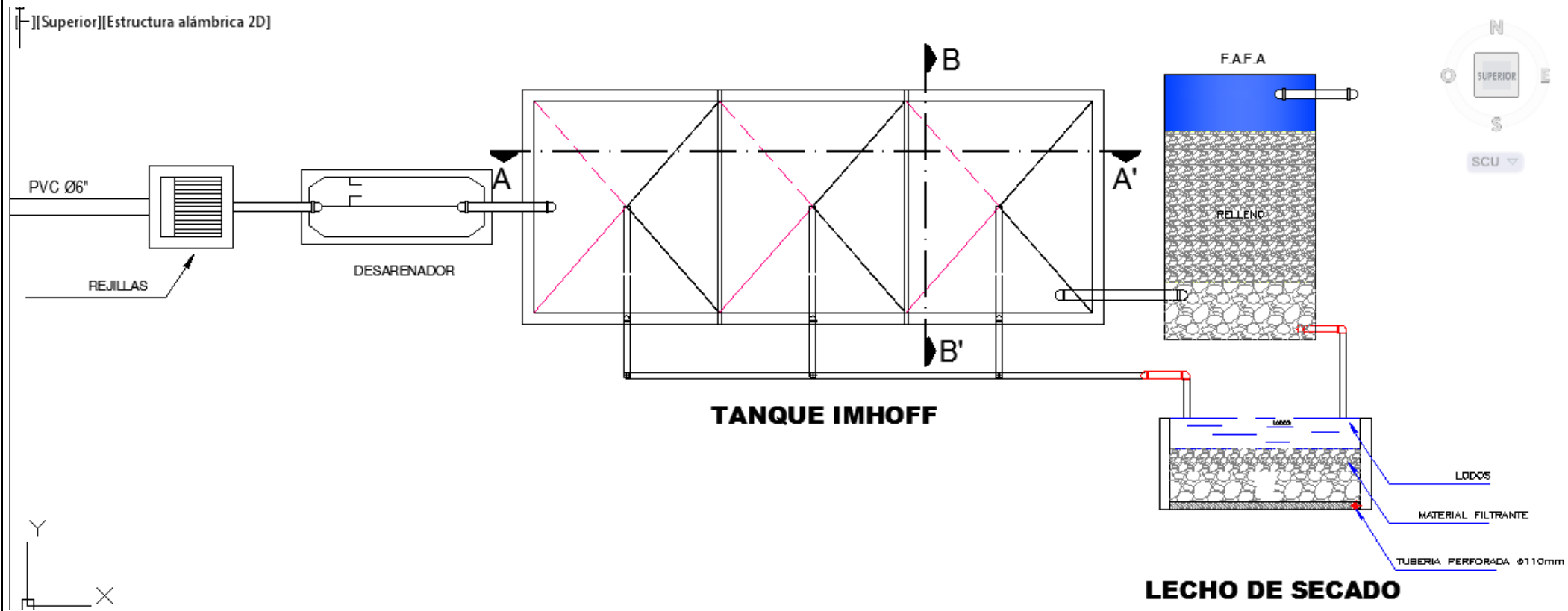
El laboratorio es responsable solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODOS/PROCEDIMIENTOS	RESULTADO	GRUPO	FECHA DE ANALISIS
pH	pH	ESTÁNDAR MÉTODOS	6.5	1-12	12-04-18
Temperatura	°C	ESTÁNDAR MÉTODOS	25.0	1-12	12-04-18
Turbiedad	FTU / NTU	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.01	1-12	12-04-18
Sólidos Totales	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	200	1-12	12-04-18
Sólidos Suspendedos	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	15	1-12	12-04-18
Sólidos Disueltos	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	5	1-12	12-04-18
Alcalinidad	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	120	1-12	12-04-18
Dureza	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	120	1-12	12-04-18
Cloruro	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.21	1-12	12-04-18
Sulfato	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.20	1-12	12-04-18
Óxido de Nitrógeno	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Óxido de Azufre	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Plomo	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Cadmio	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Cobalto	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Cromo	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Cupero	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Mercurio	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Níquel	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Selenio	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Vanadio	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18
Zinc	mg/L	ESTÁNDAR MÉTODOS	0.00	1-12	12-04-18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Control de Agua Potable y Residuos Sólidos, NTC-1070, NTC-1071, NTC-1072, NTC-1073, NTC-1074, NTC-1075, NTC-1076, NTC-1077, NTC-1078, NTC-1079, NTC-1080, NTC-1081, NTC-1082, NTC-1083, NTC-1084, NTC-1085, NTC-1086, NTC-1087, NTC-1088, NTC-1089, NTC-1090, NTC-1091, NTC-1092, NTC-1093, NTC-1094, NTC-1095, NTC-1096, NTC-1097, NTC-1098, NTC-1099, NTC-1100, NTC-1101, NTC-1102, NTC-1103, NTC-1104, NTC-1105, NTC-1106, NTC-1107, NTC-1108, NTC-1109, NTC-1110, NTC-1111, NTC-1112, NTC-1113, NTC-1114, NTC-1115, NTC-1116, NTC-1117, NTC-1118, NTC-1119, NTC-1120, NTC-1121, NTC-1122, NTC-1123, NTC-1124, NTC-1125, NTC-1126, NTC-1127, NTC-1128, NTC-1129, NTC-1130, NTC-1131, NTC-1132, NTC-1133, NTC-1134, NTC-1135, NTC-1136, NTC-1137, NTC-1138, NTC-1139, NTC-1140, NTC-1141, NTC-1142, NTC-1143, NTC-1144, NTC-1145, NTC-1146, NTC-1147, NTC-1148, NTC-1149, NTC-1150, NTC-1151, NTC-1152, NTC-1153, NTC-1154, NTC-1155, NTC-1156, NTC-1157, NTC-1158, NTC-1159, NTC-1160, NTC-1161, NTC-1162, NTC-1163, NTC-1164, NTC-1165, NTC-1166, NTC-1167, NTC-1168, NTC-1169, NTC-1170, NTC-1171, NTC-1172, NTC-1173, NTC-1174, NTC-1175, NTC-1176, NTC-1177, NTC-1178, NTC-1179, NTC-1180, NTC-1181, NTC-1182, NTC-1183, NTC-1184, NTC-1185, NTC-1186, NTC-1187, NTC-1188, NTC-1189, NTC-1190, NTC-1191, NTC-1192, NTC-1193, NTC-1194, NTC-1195, NTC-1196, NTC-1197, NTC-1198, NTC-1199, NTC-1200, NTC-1201, NTC-1202, NTC-1203, NTC-1204, NTC-1205, NTC-1206, NTC-1207, NTC-1208, NTC-1209, NTC-1210, NTC-1211, NTC-1212, NTC-1213, NTC-1214, NTC-1215, NTC-1216, NTC-1217, NTC-1218, NTC-1219, NTC-1220, NTC-1221, NTC-1222, NTC-1223, NTC-1224, NTC-1225, NTC-1226, NTC-1227, NTC-1228, NTC-1229, NTC-1230, NTC-1231, NTC-1232, NTC-1233, NTC-1234, NTC-1235, NTC-1236, NTC-1237, NTC-1238, NTC-1239, NTC-1240, NTC-1241, NTC-1242, NTC-1243, NTC-1244, NTC-1245, NTC-1246, NTC-1247, NTC-1248, NTC-1249, NTC-1250, NTC-1251, NTC-1252, NTC-1253, NTC-1254, NTC-1255, NTC-1256, NTC-1257, NTC-1258, NTC-1259, NTC-1260, NTC-1261, NTC-1262, NTC-1263, NTC-1264, NTC-1265, NTC-1266, NTC-1267, NTC-1268, NTC-1269, NTC-1270, NTC-1271, NTC-1272, NTC-1273, NTC-1274, NTC-1275, NTC-1276, NTC-1277, NTC-1278, NTC-1279, NTC-1280, NTC-1281, NTC-1282, NTC-1283, NTC-1284, NTC-1285, NTC-1286, NTC-1287, NTC-1288, NTC-1289, NTC-1290, NTC-1291, NTC-1292, NTC-1293, NTC-1294, NTC-1295, NTC-1

<p>NOTAS</p> <p>Análisis microbiológico inicial y final. Análisis químico inicial y final</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar</p> <p><input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado</p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>CHAMBA CRISTIAN</p>	<p>DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA</p>		
			<p>Lamina</p>	<p>Escala</p>	<p>Fecha</p>

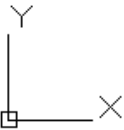
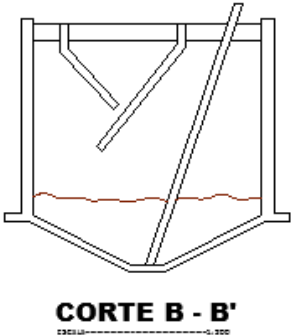
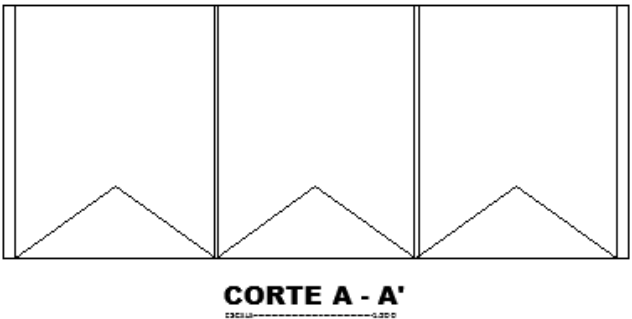
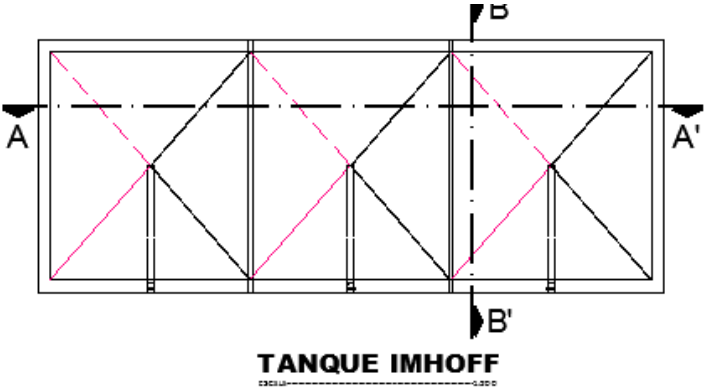
ANEXO D. Vista superior de la Planta propuesta



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA		
Vista superior de la Planta propuesta	<input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA CHAMBA CRISTIAN	Lamina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Para información				
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Para archivar				
	<input type="checkbox"/> Por eliminar				
	<input type="checkbox"/> Certificado				

ANEXO E. Vista y Cortes Tanque IMHOFF

[- || Superior || Estructura alambrica 2D]



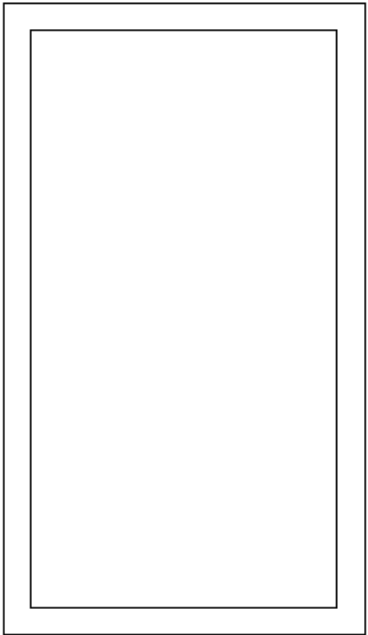
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA		
Vista y Cortes Tanque IMHOFF	<input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA CHAMBA CRISTIAN			
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Por eliminar				
	<input type="checkbox"/> Para información		Lamina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Para archivar				
	<input type="checkbox"/> Certificado				

ANEXO F. Vista y Cortes Tanque FILTRO ANAEROBICO FLUJO ASCENDENTE

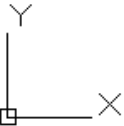
[-][Superior][Estructura alámbrica 2D]



F.A.F.A
ESCALA 1:200



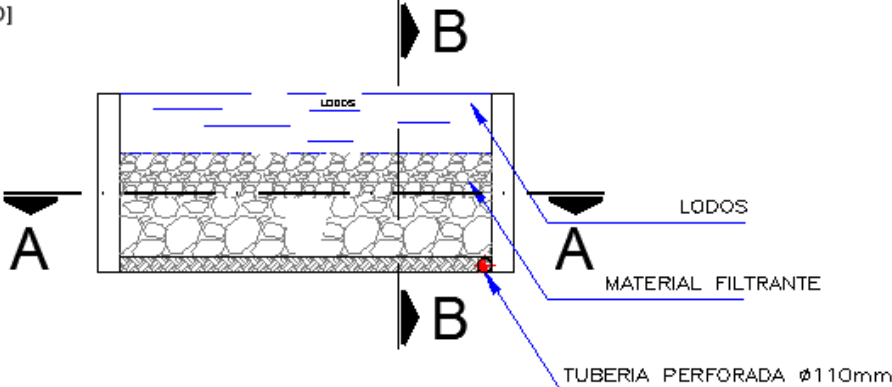
VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:200



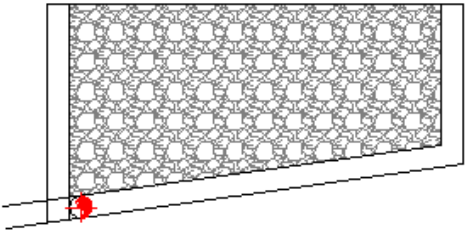
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA		
Vista y Cortes Tanque FILTRO ANAEROBICO FLUJO ASCENDENTE	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA CHAMBA CRISTIAN	Lamina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar				
	<input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado				

ANEXO G. Vista y Cortes Tanque Lecho de Secado

[-][Superior][Estructura alámbrica 2D]

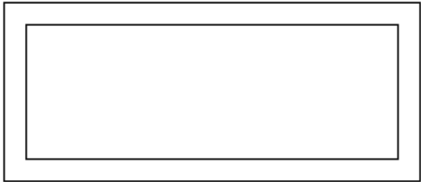


LECHO DE SECADO

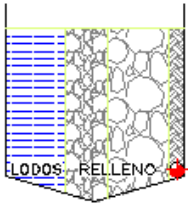


CORTE A - A'

ESCALA 1:200



VISTA SUPERIOR



CORTE B - B'

ESCALA 1:200

NOTAS

Vista y Cortes Tanque
Lecho de Secado

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- ☐ Por calificar ☐ Para información
☐ Por aprobar ☐ Para archivar
☐ Por eliminar ☐ Certificado

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA
QUIMICA
CHAMBA CRISTIAN

DISEÑO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CANTON SANTA
CLARA – PROVINCIA DE PASTAZA

Lamina

Escala

Fecha